

2004 P 78 156



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Veröffentlichung**  
⑩ **DE 199 83 014 T 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
F 02 M 65/00

B3

- der internationalen Anmeldung mit der
- ⑥⑦ Veröffentlichungsnummer: WO 99/45259 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
  - ②① Deutsches Aktenzeichen: 199 83 014.2
  - ⑥⑥ PCT-Aktenzeichen: PCT/US99/04505
  - ⑥⑥ PCT-Anmeldetag: 1. 3. 1999
  - ⑥⑦ PCT-Veröffentlichungstag: 10. 9. 1999
  - ④③ Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung in deutscher Übersetzung: 8. 3. 2001

DE 199 83 014 T 1

- ③⑩ Unionspriorität:  
09/033,379 02. 03. 1998 US
- ⑦① Anmelder:  
Cummins Engine Co., Inc., Columbus, Ind., US
- ⑦④ Vertreter:  
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und Rechtsanwälte, 81541 München

- ⑦② Erfinder:  
Stavnheim, Jonathan A., Columbus, Ind., US; West, Stephen, Greenwood, Ind., US; Raghunathan, Shyamala, Columbus, Ind., US

- ⑤④ Vorrichtung zum Diagnostizieren von Störungen und Fehlerbedingungen in einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine

DE 199 83 014 T 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

5 Ursprünglich eingereichte Unterlagen  
Beschreibung

DE 199 83 014 T1

10 Vorrichtung zum Diagnostizieren von Störungen und Fehlerbe-  
dingungen in einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraft-  
maschine

#### Gebiet der Erfindung

15 Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen Techniken  
zum Steuern von Kraftstoffanlagen, insbesondere Techniken zum  
Diagnostizieren von Störungen und Fehlerbedingungen in einer  
Kraftstoffanlage.

#### STAND DER TECHNIK

20 Elektronisch gesteuerte Hochdruck-Kraftstoffanlagen sind be-  
kannt und werden in der Kraftfahrzeug- und in der Schwerlast-  
kraftwagenindustrie allgemein verwendet. Solche Anlagen kön-  
nen eine Kraftstoffpumpe aufweisen, die unter hohem Druck  
25 stehenden Kraftstoff einer Sammeleinheit zufördert, die den  
unter Druck stehenden Kraftstoff einer oder mehreren Kraft-  
stoffinjektoren zuführt. Üblicherweise sind ein oder mehrere  
Drucksensoren zum Überwachen und Steuern der Kraftstoffdrucks  
in der gesamten Anlage vorgesehen.

30 Ein Beispiel einer solchen Anlage ist im US-Patent Nr.  
5,678,521 auf den Namen Thompson et al. beschrieben, das an  
den Erwerber der Rechte an der vorliegenden Erfindung abge-  
treten ist. Die Kraftstoffanlage nach Thompson et al. umfaßt  
35 ein Paar über Nocken angetriebene Hochdruck-Kraftstoffpumpen,  
die Kraftstoff von einer Niederdruck-Kraftstoffquelle an ei-  
nen Druckspeicher liefern. Der Druckspeicher leitet den unter  
hohem Druck stehenden Kraftstoff an ein einzelnes Einspritz-

DE 199 83 014 T1

5 steuerventil, das zum Abgeben des Kraftstoffs an eine Vertei-  
lereinheit elektronisch steuerbar ist. Der Verteiler verteilt  
seinerseits den Kraftstoff an jeden aus einer Vielzahl Kraft-  
stoffinjektoren. Der Druckspeicher weist einen Drucksensor  
zum Überwachen des Druckes im Druckspeicher auf. Eine elek-  
10 tronische Steuereinheit überwacht den Druckspeicherdruck, die  
Drosselklappenstellung und die Motordrehzahl und steuert die  
Arbeitsweise der Kraftstoffanlage dementsprechend.

Hochdruck-Kraftstoffanlagen des gerade beschriebenen Typs  
15 weisen zwar viele Vorteile gegenüber herkömmlichen mechani-  
schen Systemen auf, sind aber mit gewissen Nachteilen verbun-  
den. Beispielsweise kann eine Störung elektrischer und/oder  
mechanischer Bauteile der Anlage zu einem Ausfall der gesam-  
ten Anlage führen, in welchem Falle der Motor häufig abge-  
20 schaltet wird und das Fahrzeug und der Fahrzeuginsasse somit  
liegenbleiben. In schwerwiegenden Fällen kann der Ausfall  
solcher Bauteile zu einer katastrophalen Zerstörung von Bau-  
teilen der Kraftstoffanlage führen.

25 Benötigt wird daher ein System zum Diagnostizieren von Feh-  
lern und Störungen in einer elektronische gesteuerten Kraft-  
stoffanlage des eben beschriebenen Typs. Ein solches System  
sollte im Idealfall Fehlercodes protokollieren, die mit der  
Kraftstoffanlage verbundene Störungen anzeigen, um bei Repa-  
30 raturarbeiten zu unterstützen, und sollte zusätzlich eine  
oder mehrere Betriebsarten mit Notrückkehr-Kraftstoffversor-  
gung vorsehen, so daß das Fahrzeug aus einer Gefahrensituati-  
on herausgefahren und/oder zu einer Reparaturwerkstatt gefah-  
ren werden kann.

5 KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung ist auf die vorstehend angegebenen Nachteile gerichtet. Gemäß einem Merkmal der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Vorrichtung zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine eine erste Kraftstoffpumpe, die in Abhängigkeit von einem Pumpensollwertsignal unter hohem Druck stehenden Kraftstoff aus einer Niederdruck-Kraftstoffquelle fördert, einen den unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von der ersten Kraftstoffpumpe empfangenden Druckspeicher, ein Ventil, das in Abhängigkeit von einem Ventilsteuersignal unter hohem Druck stehenden Kraftstoff aus dem Druckspeicher entnimmt, eine Einrichtung zum Erfassen des Kraftstoffdruckes im Druckspeicher und zum Erzeugen eines dementsprechenden Drucksignals, wobei das Drucksignal Spitzenwerte, die Spitzendrücken des ihm durch die erste Kraftstoffpumpe zugeführten Kraftstoffs entsprechen, und niedrigere Talwerte aufweist, die Taldrücken des im Druckspeicher vorhandenen Kraftstoffs entsprechen, welche sich aus dem Abzug von Kraftstoff aus ihm ergeben. Ein Steuerrechner ist vorgesehen, der eine Vielzahl erster Druckwerte abtastet, die je nahe einem getrennten Spitzenwert liegen, und eine Vielzahl zweiter Druckwerte, die je nahe einem getrennten Talwert des Drucksignals liegen, und auf dieser Grundlage einen Durchschnittsdruckwert bestimmt. Der Steuerrechner vergleicht jeden Druckwert aus der Vielzahl erster und zweiter Druckwerte mit dem Durchschnittsdruckwert und inkrementiert einen Fehlerzähler, wenn wenigstens ein Druckwert von der Vielzahl erster und zweiter Druckwerte außerhalb eines Schwellenbereichs des Durchschnittsdruckwertes liegt.

35

Gemäß einem anderen Merkmal der vorliegenden Erfindung umfaßt ein Verfahren zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage ei-

04.09.00  
PA-85 234  
DE 199 83 014 T1

- 5 ner Verbrennungskraftmaschine die Schritte: Betätigen einer  
ersten Kraftstoffpumpe zum Fördern von Kraftstoff von einer  
Kraftstoffquelle zu einem Druckspeicher auf der Grundlage ei-  
nes Zielkraftstoffdruckwertes, Messen eines ersten Druckwer-  
tes im Druckspeicher nahe eines in ihm bestehenden tatsächli-  
10 chen Spitzendruckwertes, der sich aus der Betätigung der er-  
sten Kraftstoffpumpe ergibt, Betätigen eines Steuerventils  
zum Abziehen unter Druck stehenden Kraftstoffs aus dem Druck-  
speicher als Folge der Betätigung der ersten Kraftstoffpumpe,  
wobei der Druckspeicher danach einen in ihm bestehenden  
15 Kraftstofftaldruck definiert, Messen eines zweiten Druckwer-  
tes im Druckspeicher nahe dem Kraftstofftaldruck, Bestimmen  
eines Durchschnittsdruckwertes auf der Grundlage einer Viel-  
zahl der ersten und zweiten Druckwerte, Vergleichen jedes  
Druckwertes von der Vielzahl erster und zweiter Druckwerte  
20 mit dem Durchschnittsdruckwert, und Inkrementieren eines  
Fehlerzählers, wenn wenigstens ein Druckwert von der Vielzahl  
erster und zweiter Druckwerte außerhalb eines Schwellenbe-  
reichs des Durchschnittsdruckwertes liegt.
- 25 Ein weiteres Merkmal der vorliegenden Erfindung betrifft eine  
Vorrichtung zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer  
Verbrennungskraftmaschine, die umfaßt: eine erste Kraft-  
stoffpumpe, die in Abhängigkeit von ersten Pumpensollwerts-  
signalen unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von einer Nie-  
30 derdruck-Kraftstoffquelle fördert, einen den unter hohem  
Druck stehenden Kraftstoff von der ersten Kraftstoffpumpe  
empfangenden Druckspeicher, eine Einrichtung zum Erfassen des  
Kraftstoffdrucks im Druckspeicher und zum Erzeugen eines dem-  
entsprechenden Drucksignals, und eine Steuerrechner, der das  
35 Drucksignal empfängt und die ersten Pumpensteuersignale er-  
zeugt, wobei der Steuerrechner eine Vielzahl erster Pumpen-  
sollwertsignale erzeugt, die einer Kraftstoffversorgung nach

04.09.00  
TA 85 234  
DE 199 83 014 T1

5 Sollwert null entsprechen, und erste entsprechende Änderungen im Drucksignal überwacht, wobei der Steuerrechner einen Fehlerzähler inkrementiert, wenn wenigstens eine Änderung der ersten entsprechenden Änderungen des Drucksignals einen im voraus definierten Druckänderungsschwellenwert überschreitet.

10

Gemäß einem noch anderen Merkmal der vorliegenden Erfindung umfaßt ein Verfahren zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine die Schritte: Betätigen einer ersten Kraftstoffpumpe zum Fördern von Kraftstoff nach  
15 Sollwert null von einer Kraftstoffquelle zu einem Druckspeicher, Messen einer ersten entsprechenden Änderung des Drucks im Druckspeicher, die sich aus der Betätigung der ersten Kraftstoffpumpe mit Kraftstoff nach Sollwert null ergibt, mehrmaliges Wiederholen der genannten Betätigungs- und Meß-  
20 schritte, Vergleichen jeder Druckänderung von der genannten Vielzahl erster entsprechender Druckänderungen mit einem Druckänderungsschwellenwert, und Inkrementieren eines Fehlerzählers, wenn wenigstens eine Druckänderung von der genannten Vielzahl erster entsprechender Druckänderungen einen Druckän-  
25 derungsschwellenwert überschreitet.

Gemäß einem noch weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Vorrichtung zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine eine erste Kraft-  
30 stoffpumpe, die in Abhängigkeit von ersten Pumpensollwertsignalen unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von einer Niederdruck-Kraftstoffquelle fördert, eine zweite Kraftstoffpumpe, die in Abhängigkeit von zweiten Pumpensollwertsignalen unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von der Niederdruck-  
35 Kraftstoffquelle fördert, einen den unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von der ersten und der zweiten Kraftstoffpumpen empfangenden Druckspeicher, eine Einrichtung zum Erfassen

04.09.00  
DE 199 83 014 T1

- 5 des Kraftstoffdrucks im Druckspeicher und zum Erzeugen eines  
dementsprechenden Drucksignals, und einen Steuerrechner, der  
eine Vielzahl der ersten und zweiten Pumpensollwertsignale  
erzeugt und erste und zweite entsprechende Änderungen im  
Drucksignal überwacht, wobei der Steuerrechner ausgehend von  
10 zugehörigen Änderungen von der Vielzahl erster und zweiter  
entsprechender Drucksignaländerungen erste und zweite Durch-  
schnittsdruckänderungswerte bestimmt, wobei der Steuerrechner  
einen Fehlerzähler inkrementiert, wenn eine Differenz zwi-  
schen den ersten und zweiten Durchschnittsdruckänderungswer-  
15 ten größer als ein erster Druckänderungsgrenzwert bzw. klei-  
ner als ein zweiter Druckänderungsgrenzwert ist.

- Gemäß einem noch anderen Merkmal der vorliegenden Erfindung  
umfaßt ein Verfahren zum Diagnostizieren einer Kraftstoffan-  
20 lage einer Verbrennungskraftmaschine die Schritte: Betätigen  
einer ersten Kraftstoffpumpe zum Fördern von Kraftstoff zu  
einem Druckspeicher auf der Grundlage eines Zielkraftstoff-  
druckwertes, Betätigen einer zweiten Kraftstoffpumpe zum För-  
dern von Kraftstoff zum Druckspeicher auf der Grundlage des  
25 Zielkraftstoffdruckwertes, Bestimmen eines ersten Druckände-  
rungswertes, der einer Kraftstoffdruckänderung im Druckspei-  
cher entspricht, die sich aus der Betätigung der ersten Pumpe  
ergibt, Bestimmen eines zweiten Druckänderungswertes, der ei-  
ner Kraftstoffdruckänderung im Druckspeicher entspricht, die  
30 sich aus der Betätigung der zweiten Pumpe ergibt, mehrmaliges  
Wiederholen der Betätigungs- und Bestimmungsschritte, Berech-  
nen eines ersten Durchschnittsdruckänderungswertes als Mittel  
der Vielzahl erster Druckänderungswerte, Berechnen eines  
zweiten Durchschnittsdruckänderungswertes als Mittel der  
35 Vielzahl zweiter Druckänderungswerte, und Inkrementieren ei-  
nes Fehlerzählers, wenn eine Differenz zwischen den ersten

- 5 und zweiten Durchschnittsdruckänderungswerten größer als ein erster Druckänderungsgrenzwert bzw. kleiner als ein zweiter Druckänderungsgrenzwert ist.

- Gemäß einem noch anderen Merkmal der vorliegenden Erfindung
- 10 umfaßt eine Vorrichtung zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine eine Kraftstoffpumpe, die in Abhängigkeit von einem Pumpensollwertsignal unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von einer Niederdruck-Kraftstoffquelle fördert, einen den unter hohem Druck stehenden
- 15 Kraftstoff von der Kraftstoffpumpe empfangenden Druckspeicher, eine Einrichtung zum Erzeugen eines Kraftstoffbedarfssignals, eine Einrichtung zum Erfassen des Kraftstoffdrucks im Druckspeicher und zum Erzeugen eines dementsprechenden Drucksignals, eine Einrichtung zum Erfassen der Motordrehzahl
- 20 und zum Erzeugen eines dementsprechenden Motordrehzahlsignals, und einen Steuerrechner, der die Druck-, Motordrehzahl- und Kraftstoffbedarfssignale empfängt und das Pumpensollwertsignal erzeugt, wobei der Steuerrechner ausgehend von den Motordrehzahl- und Kraftstoffbedarfssignalen einen Kraft-
- 25 stoffsollwert bestimmt, ausgehend von üblichen Werten des Drucksignals, des Motordrehzahlsignals und des Kraftstoffsollwertes einen vorausgesagten Pumpensollwert bestimmt, einen Fehlercode protokolliert, wenn eine Differenz zwischen einem üblichen Wert des Pumpensollwertsignals und dem voraus-
- 30 gesagten Pumpensollwert größer ist als ein Schwellenniveau.

- Gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung umfaßt ein Verfahren zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine die Schritte: Erfassen eines
- 35 Kraftstoffbedarfssignals, Erfassen eines Motordrehzahlsignals, Erfassen eines Drucksignals, das Kraftstoffdruck in



04.09.00  
DE 199 83 014 T1

- 5 einem Teil einer Kraftstoffanlage bildenden Druckspeicher an-  
zeigt, Bestimmen eines Kraftstoffsollwertes ausgehend von den  
Kraftstoffbedarfs- und Motordrehzahlsignalen, Bestimmen eines  
Kraftstoffpumpensollwertes ausgehend von den Kraftstoffbe-  
darfs- und Drucksignalen, wobei der Pumpensollwert eine  
10 Kraftstoffpumpe zum Fördern von Kraftstoff zum Druckspeicher  
betätigt, Bestimmen eines vorausgesagten Kraftstoffpumpen-  
sollwertes ausgehend von üblichen Werten des Motordrehzahlsi-  
gnals, des Drucksignals und des Kraftstoffsollwertes, und  
Protokollieren eines Fehlercodes, wenn eine Differenz zwi-  
15 schen einem üblichen Wert des Pumpensollwertes und dem vor-  
ausgesagten Pumpensollwert größer als ein Schwellenwert ist.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaf-  
fung eines Systems zum Diagnostizieren von Störungsbedingun-  
20 gen in einer elektronisch gesteuerten Kraftstoffanlage.

Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der  
Schaffung eines solchen Systems zum Diagnostizieren von Stö-  
rungen eines Drucksensors im Bereich.

25 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in  
der Schaffung eines solchen Systems zum Diagnostizieren von  
Störungen durch abruptes Schließen von Kraftstoffpumpeninjek-  
toren.

30 Eine noch andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht  
in der Schaffung eines solchen Systems zum Diagnostizieren  
von Störungen einer Kraftstoffpumpe bei einer Anlage mit dop-  
pelter Kraftstoffpumpe.

35 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in  
der Schaffung eines solchen Systems zum Diagnostizieren von

- 5 Überpumpen unter hohem Druck stehenden Kraftstoffs an die elektronisch gesteuerte Kraftstoffanlage.

Diese und weitere Aufgaben der vorliegenden Erfindung ergeben sich deutlicher aus der nachstehenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform.

10

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Es zeigen:

- 15 Fig. 1 eine vereinfachte Darstellung einer erfindungsgemäßen Kraftstoffanlage für eine Verbrennungskraftmaschine und eines mit ihr verbundenen Steuersystems,
- Fig. 2 eine Darstellung in Form eines Blockschaltbildes einiger der internen Merkmale des Steuerrechners gemäß Fig. 1
- 20 bei normaler Arbeitsweise desselben, soweit sie die vorliegende Erfindung betreffen,
- Fig. 3 zusammengesetzt aus den Fig. 3A bis 3G, eine Darstellung von Wellenformendiagrammen bei normaler Arbeitsweise der in Fig. 1 dargestellten Kraftstoffanlage und des mit ihr
- 25 verbundenen Steuersystems,
- Fig. 4 eine grafische Darstellung einer normalen, dem Druckspeicher gemäß Fig. 1 zugeordneten Druckwellenform,
- Fig. 5 ein Flußdiagramm mit einer Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform eines Softwarealgorithmus zum Diagnostizieren der in Fig. 4 dargestellten Wellenform bei Störungen des Drucksensors im Bereich,
- 30 Fig. 6 eine grafische Darstellung einer dem Druckspeicher gemäß Fig. 1 zugeordneten Druckwellenform mit der Darstellung einer Störungsbedingung des Drucksensors im Bereich,
- 35 Fig. 7 zusammengesetzt aus den Fig. 7A und 7B, ein Flußdiagramm mit einer Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform eines Softwarealgorithmus zum Diagnostizieren der in

04.09.00  
DE 199 83 014 T1

- 5 Fig. 4 dargestellten Wellenform für eine Störungsbedingung  
aus abruptem Schließen des Kraftstoffpumpen-  
Einspritzsteuerventils,  
Fig. 8 eine grafische Darstellung einer dem Druckspeicher  
gemäß Fig. 1 zugeordneten Druckwellenform mit der Darstellung  
10 einer Störungsbedingung aus abruptem Schließen des Kraft-  
stoffpumpen-Einspritzsteuerventils,  
Fig. 9 zusammengesetzt aus den Fig. 9A und 9B, ein Fluß-  
diagramm mit einer Darstellung einer bevorzugten Ausführungs-  
form eines Softwarealgorithmus zum Diagnostizieren der Wel-  
15 lenform gemäß Fig. 4 für eine Kraftstoffpumpenstörung,  
Fig. 10 eine grafische Darstellung einer dem Druckspeicher  
gemäß Fig. 1 zugeordneten Druckwellenform für eine Kraft-  
stoffpumpenstörung,  
Fig. 11 ein Flußdiagramm mit einer Darstellung einer be-  
20 vorzugten Ausführungsform eines Softwarealgorithmus zum Dia-  
gnostizieren von Kraftstoffüberpumpen in der Kraftstoffanlage  
gemäß Fig. 1,  
Fig. 12 eine Tabelle mit einer Darstellung eines Teils ei-  
ner Nachschlagtabelle zur Verwendung beim Diagnostizieren von  
25 Kraftstoffüberpumpen in der Kraftstoffanlage gemäß Fig. 1.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

- Um das Verständnis der Grundsätze der Erfindung zu fördern,  
30 wird nunmehr auf eine in den Zeichnungen dargestellte bevor-  
zugte Ausführungsform Bezug genommen und zum Beschreiben der-  
selben eine spezifische Sprache benutzt. Es versteht sich  
dennoch, daß dadurch keine Einschränkung des Umfangs der Er-  
findung beabsichtigt ist, da solche Änderungen und Weiterent-  
35 wicklungen der dargestellten Ausführungsform und solche wei-  
teren Anwendungen der Grundsätze der dort dargestellten Er-

5 findung als für einen Fachmann, an den sich die Erfindung richtet, normalerweise sich ergebende betrachtet werden.

In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Kraftstoffanlage mit einem zugehörigen Steuersystem 10 dargestellt. Das System 10  
10 umfaßt einen Kraftstoffbehälter 12 oder eine ähnliche Kraftstoffquelle 14 mit einem Kraftstoffweg 15, der sich in eine Niederdruck-Kraftstoffpumpe 16 erstreckt. Die Niederdruckpumpe 16 ist vorzugsweise eine bekannte Zahnradpumpe mit einem manuell einstellbaren Getriebe 18 und einem Kraftstoffdruck-  
15 regler 20. Eine Kraftstoffleitung 24a erstreckt sich in eine Hochdruck-Kraftstoffpumpe 22 mit einem ersten (vorderen) Pumpenelement 24b und einem zweiten (hinteren) Pumpenelement 24c. Die Pumpenelemente 24b und 24c werden von einem Motorantrieb 28 über Nocken 26a bzw. 26b mechanisch angetrieben. Die  
20 Kraftstoffleitung 24a liefert an ein erstes Pumpensteuerventil 30a mit einer abgehenden Kraftstoffleitung 24d zum Pumpenelement 24b. Die Kraftstoffleitung 24a ist auch mit einer Kraftstoffleitung 24e verbunden, die ein zweites Pumpensteuerventil 30b versorgt, das mit einer abgehenden Kraftstoff-  
25 leitung 24f an das Pumpenelement 24c angeschlossen ist. Das erste Pumpenelement 24b ist mit einem Hochdruck-Kraftstoffdruckspeicher 34 über eine Leitung 36a mit dazwischen angeordnetem Rückschlagventil 32a verbunden. In ähnlicher Weise ist das zweite Pumpenelement 24c mit dem Druckspeicher 34  
30 über eine Leitung 36b mit dazwischen angeordnetem Rückschlagventil 32b verbunden.

Der Hochdruck-Druckspeicher 34 ist über eine Leitung 40 mit einem Einspritzsteuerventil 38 verbunden. Das Einspritzsteuerventil 38 weist eine Abableitung 42 und eine Ausableitung  
35 44 auf, die an einen Einlaß 46 eines Kraftstoffverteilers 48 liefert. Der Verteiler 48 weist eine Vielzahl Auslaßöffnungen

5 auf, von denen sechs Auslaßöffnungen 50<sub>1</sub> bis 50<sub>6</sub> in Fig. 1 dargestellt sind. Es versteht sich jedoch, daß der Verteiler 48 eine beliebige Anzahl Auslaßöffnungen zum Verteilen von Kraftstoff an eine Vielzahl Kraftstoffinjektoren oder Gruppen von Kraftstoffinjektoren aufweisen kann. In Fig. 1 ist ein  
10 solcher Kraftstoffinjektor 52 mit der Auslaßöffnung 50<sub>2</sub> über eine Kraftstoffleitung 54 verbunden, wobei der Injektor 52 einen Einspritzauslaß 56 zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Motorzylinder aufweist.

15 Das System 10 wird von einem Steuerrechner 58 in Abhängigkeit von einer Vielzahl Sensoren und Motor/Fahrzeug-Betriebsbedingungen elektronisch gesteuert. Vorzugsweise ist ein Gaspedal 60 mit einem (nicht dargestellten) Gaspedalstellungssensor versehen, der ein die Stellung oder die prozentuale  
20 Öffnung des Gaspedals anzeigendes Signal an einen Eingang IN1 des Steuerrechners 58 über eine Signalleitung 62 liefert, wenngleich die vorliegende Erfindung die Benutzung beliebiger bekannter Fühlervorrichtungen in Betracht zieht, die dem Steuerrechner 58 ein Kraftstoffbedarfssignal vom Gaspedal 60  
25 bereitstellen. Ein Kraftstoffbedarfssignal wird von einer bekannten Geschwindigkeitsregeleinheit 64 über eine Signalleitung 66 an einen Eingang IN2 des Steuerrechners 58 abgegeben, das, wie in der Fachwelt bekannt, bei eingeschalteter Geschwindigkeitsregelung eine gewünschte Fahrzeuggeschwindigkeit  
30 angibt.

Ein Motordrehzahlsensor 68 ist mit einem Eingang IN3 des Steuerrechners 58 über eine Signalleitung 70 verbunden, die dem Steuerrechner 58 ein die Motordrehzahlposition anzeigendes Signal liefert. Bei einer Ausführungsform ist der Motordrehzahlsensor 68 ein bekannter Halleffektsensor, wenn-  
35 gleich die vorliegende Erfindung die Benutzung eines beliebigen

04.09.00  
IA 85 234  
DE 199 83 014 T1

5 gen bekannten Sensors in Betracht zieht, der die Motordreh-  
zahl und vorzugsweise die Motorposition zu erfassen vermag,  
z.B. ein Sensor mit veränderbarem magnetischem Widerstand.  
Der Hochdruck-Druckspeicher 34 weist einen mit ihm verbunde-  
nen Drucksensor 72 auf, der den Druck im Druckspeicher 34 zu  
10 erfassen vermag. Der Drucksensor 72 liefert ein den Druck-  
speicherdruck anzeigendes Drucksignal über eine Signalleitung  
74 an einen Eingang IN4 des Steuerrechners 58. Der Drucksen-  
sor 72 ist vorzugsweise ein bekannter kombinierter Druck- und  
Kraftstofftemperatursensor, wenngleich die vorliegende Erfin-  
15 dung die Benutzung eines beliebigen bekannten Gerätes, Vor-  
richtung oder Verfahren in Betracht zieht, das bzw. die dem  
Steuerrechner 58 ein Signal zuleiten, das den Kraftstoffdruck  
im Druckspeicher 34, in der Leitung 36a, der Leitung 36b oder  
der Leitung 40 anzeigt, und eines beliebigen bekannten Gerä-  
20 tes, Vorrichtung oder Verfahren, das bzw. die dem Steuerrech-  
ner 58 ein Signal zuleiten, das die Kraftstofftemperatur im  
Druckspeicher 34, in der Leitung 36a, der Leitung 36b oder  
der Leitung 40 anzeigt. Somit ist der Druck/Temperatursensor  
72 in der Lage, dem Steuerrechner 58 ein Signal zu senden,  
25 das den Kraftstoffdruck und die Kraftstofftemperatur im  
Druckspeicher 34 anzeigt, wenngleich die vorliegende Erfin-  
dung die Bereitstellung getrennter Sensoren für die Versor-  
gung des Steuerrechners 58 mit Informationen über Kraftstoff-  
druck und Kraftstofftemperatur in Betracht zieht. Der Steuer-  
30 rechner 58 weist auch einen ersten Ausgang OUT1 auf, der über  
eine Signalleitung 76 mit dem Einspritzsteuerventil 38 ver-  
bunden ist, und einen zweiten Ausgang 78, der über eine Si-  
gnalleitung 78 mit den Pumpensteuerventilen 30a und 30b ver-  
bunden ist. Die allgemeine Arbeitsweise der Kraftstoffanlage  
35 10 und des mit ihr verbundenen Steuersystems wird unter Be-  
zugnahme auf Fig. 1 bis 4 beschrieben.

04.09.00  
1A.85 231  
DE 199 83 014 T1

5 In Fig. 1 und 2 sind einige der internen Merkmale des Steuer-  
rechners 58, soweit sie sich auf die vorliegende Erfindung  
beziehen, dargestellt. Das Gaspedalsignal und das Geschwin-  
digkeitsregelsignal werden dem Steuerrechner 58 über eine Si-  
gnalleitung 62 bzw. 66 zugeleitet. Wie in der Fachwelt be-  
10 kannt, gehen beide Signale vom Fahrzeugführer entsprechend  
der gewünschten Kraftstoffversorgung aus, und der Steuerrech-  
ner 58 spricht auf beide Signale an, um die Kraftstoffanlage  
10 entsprechend zu steuern. Nachstehend wird das Gaspedal-  
und/oder das Geschwindigkeitsregelsignal allgemein als Kraft-  
15 stoffbedarfssignal bezeichnet. In jedem Fall wird das Kraft-  
stoffbedarfssignal einem Block 90 für die Umwandlung in  
Kraftstoffversorgungsanforderung zugeleitet, der das Kraft-  
stoffbedarfssignal gemäß bekannter Verfahren in ein Kraft-  
stoffanforderungssignal umwandelt. Der Block 90 für die Um-  
20 wandlung in Kraftstoffversorgungsanforderung weist üblicher-  
weise eine Vielzahl Kraftstoff-Kennfelder auf und bestimmt in  
Abhängigkeit von einer Vielzahl Motor/Fahrzeug-Betriebsbe-  
dingungen, zusätzlich zum Kraftstoffbedarfssignal, einen  
zweckdienlichen Wert der Kraftstoffversorgungsanforderung.  
25  
Der Wert der Kraftstoffversorgungsanforderung wird einem  
Block 92 für die Berechnung eines Bezugsdrucks zugeleitet,  
der in Abhängigkeit von dem Wert der Kraftstoffversorgungsan-  
forderung einen Bezugsdruck bestimmt, der einen gewünschten  
30 Einstellpunkt für den Druckspeicherdruck angibt. Der Bezugs-  
druck wird einem Druckspeicherdruck-Regelkreis bereitge-  
stellt, der an eine Signalleitung 78 ein Pumpensollwertsignal  
abgibt, das auf dem Bezugsdruckwert und dem Druckspeicher-  
druck, den der Drucksensor 72 über die Signalleitung 74 sen-  
35 det, beruht. Bei einer Ausführungsform wird der Bezugsdruck-  
wert einem positiven Eingang eines Summierknotens  $\Sigma_1$  zugelei-  
tet, der auch einen mit der Signalleitung 74 verbundenen ne-

04.09.00  
1A.85 234  
DE 199 83 014 T1

5 gativen Eingang hat. Ein Ausgang des Summierknotens  $\Sigma_1$  wird  
einem Reglerblock 96 zugeleitet, dessen Ausgang mit der Si-  
gnalleitung 78 verbunden ist. Bei einer Ausführungsform weist  
der Reglerblock 96 einen bekannten Regler mit PID-Verhalten  
auf, wenngleich die vorliegende Erfindung die Benutzung ande-  
10 rer bekannter Regler oder Reglertechniken in Betracht zieht.

Der Wert der Kraftstoffversorgungsanforderung wird auch einem  
Block 94 für die Berechnung der Bezugsdrehzahl zugeleitet,  
der in Abhängigkeit vom Wert der Kraftstoffversorgungsanfor-  
15 derung eine Bezugsdrehzahl bestimmt, die eine gewünschte Mo-  
tordrehzahl angibt. Die Bezugsdrehzahl wird einem Motordreh-  
zahl-Regelkreis zugeleitet, der, wie in der Fachwelt bekannt,  
dementsprechend einen Kraftstoffsollwert erzeugt, ausgehend  
von der Bezugsdrehzahl und der tatsächlichen, über eine Si-  
20 gnalleitung 70 vom Motordrehzahlsensor 68 gelieferten Mo-  
tordrehzahl. Bei einer Ausführungsform wird der Bezugsdreh-  
zahlwert einem positiven Eingang eines Summierknotens  $\Sigma_2$  zu-  
geleitet, der auch einen mit der Signalleitung 70 verbundenen  
negativen Eingang hat. Ein Ausgang des Summierknotens  $\Sigma_2$  wird  
25 einem Reglerblock 98 zugeleitet, dessen Ausgang den Kraft-  
stoffsollwert bildet. Bei einer Ausführungsform weist der  
Reglerblock 98 einen bekannten Regler mit PID-Verhalten auf,  
wenngleich die vorliegende Erfindung die Benutzung anderer  
bekannter Regler oder Reglertechniken in Betracht zieht.

30

Der Steuerrechner 58 weist auch einen Block 100 zum Berechnen  
der ICV-Einschaltzeit auf, der eine "Einschaltzeit" zum Betä-  
tigen des Einspritzsteuerventils (ICV; Akr. f. engl. injec-  
tion control valve) 38 bestimmt, ausgehend vom Signal des  
35 tatsächlichen Druckspeicherdrucks auf der Signalleitung 74  
und vom Kraftstoffsollwert, den der Regler 98 erzeugt. Der



- 5 Block 100 zum Berechnen der ICV-Einschaltzeit gibt auf eine Signalleitung 76 ein Kraftstoffsignal zum Steuern des Einschaltens/Ausschaltens des Einspritzsteuerventils 38.

10 In Fig. 3, die sich aus den Fig. 3A bis 3G zusammensetzt, sind einige Ereignisse der allgemeinen Zeitsteuerung der Kraftstoffanlage 10 dargestellt. Der Steuerrechner 58 vermag den Kraftstoffdruck im Druckspeicher 34 durch Steuern der Pumpensteuerventile 24b und 24c zu steuern. Es wird nunmehr die Steuerung eines der Ventile 24b beschrieben, obwohl es  
15 sich versteht, daß dessen Arbeitsweise mit der des Ventils 24c identisch ist. Wenn sich der Pumpenkolben im Pumpenelement 24b unter der Wirkung des Nockens 26a zurückzieht, fließt der Niederdruck-Kraftstoffpumpe 16 zugeleiteter Kraftstoff in das eingeschlossene Volumen des Kraftstoffpumpelements 24b, solange das Ventil 30a nicht eingeschaltet ist.  
20 Bleibt das Ventil 30a beim Hochgehen des Pumpenkolbens ausgeschaltet, fließt Kraftstoff im eingeschlossenen Volumen zurück zur Niederdruck-Kraftstoffpumpe 16. Beim Einschalten des Pumpensteuerventils 30a wird die abgehende Kraftstoffleitung  
25 geschlossen, und der im eingeschlossenen Volumen des Pumpenelements 24b vorhandene Kraftstoff wird beim Hochgehen des Pumpenkolbens unter Druck gesetzt. Wenn der Kraftstoffdruck im eingeschlossenen Volumen eine vorgeschriebene Druckhöhe erreicht, öffnet das Rückschlagventil 32a und der unter Druck  
30 stehende Kraftstoff im eingeschlossenen Volumen strömt in den Druckspeicher. Ausgehend von einer Differenz zwischen dem Bezugsdruck (Block 92 gemäß Fig. 2) und dem tatsächlichen Druckspeicherdruck (auf der Signalleitung 74), bestimmt der Druckregelkreis gemäß Fig. 2 den Winkel vor dem oberen Totpunkt (OT) des Pumpenkolbens, bei dem das Pumpensteuerventil  
35 30a eingeschaltet wird. Dieser Winkel wird nachstehend mit

DE 199 83 014 T1

5 Ventilschließwinkel (VCA; Akr. f. engl. valve closing angle)  
bezeichnet.

Bei einer in den Fig. 3B bis 3G dargestellten Ausführungsform  
der Kraftstoffanlage 10 liegen der OT des Pumpenkolbens (der  
10 in Fig. 3D und 3F als vorderer bzw. hinterer Nocken darge-  
stellt ist) und der OT des Zylinders (Fig. 3B) 60 Kurbelwel-  
lengrade auseinander (Fig. 3C). Der VCA gemäß Sollwert kann  
an beliebiger Stelle zwischen Null und 120 Grad vor dem OT  
des Pumpenkolbens eintreten (sh. Fig. 3D bis 3G). Wenn die  
15 Differenz zwischen dem Bezugsdruck und dem tatsächlichen  
Druckspeicherdruck groß ist, ist der zugehörige Sollwert-VCA  
groß, und umgekehrt. Beispiele verschiedener Sollwert-VCA  
sind in Fig. 3E und 3G dargestellt, in welchen Pumpenbetäti-  
gungs-Sollzeiten mit einer Pumpenbetätigungs-Verzögerungszeit  
20 A und einer Pumpenbetätigungszeit B dargestellt sind. VCA-  
Winkel, die 65 Grad und 30 Grad entsprechen, sind in der Fig.  
3E durch C bzw. F angegeben, und ein VCA von 120 Grad ist in  
Fig. 3G durch D angegeben. Wenn der tatsächliche Druckspei-  
cherdruck größer als der Bezugsdruck ist, wird der Sollwert-  
25 VCA automatisch auf null Grad eingestellt, was einer Nicht-  
einschaltung des Pumpensteuerventils 30a entspricht, wie bei  
E in Fig. 3G dargestellt ist. Gemäß Fig. 3A, 3B, 3D und 3F  
vermag der Steuerrechner 58 ferner zwischen dem OT des Pum-  
penkolbens und dem OT des Zylinders das Einspritzsteuerventil  
30 38 einzuschalten (zur Kraftstoff-Zeitsteuerung) und das Ven-  
til 38 auszuschalten (zur Steuerung der Kraftstoffmenge).  
Weitere Einzelheiten der Arbeitsweise und des Aufbaus der  
Kraftstoffanlage 10 und des mit ihr verbundenen Steuerungssy-  
stems sind im US-Patent Nr. 5,678,521 auf den Namen Thompson  
35 et al. beschrieben, das auf den Erwerber der Rechte an der  
vorliegenden Erfindung übertragen ist und dessen Inhalt durch  
Bezugnahme zum Inhalt der vorliegenden Anmeldung gemacht ist.

04.09.00  
1A85 234

DE 199 83 014 T1

- 5
- Beim Einströmen von Kraftstoff in den Druckspeicher 34 beginnt der Druckspeicherdruck sich zu erhöhen und erreicht den Bezugsdruck (Fig. 2) etwa 30 Grad nach dem OT des Pumpenkolbens. Bei jedem Pumpereignis tastet der Steuerrechner 58 30
- 10 Grad nach dem OT des Pumpenkolbens den Druckspeicherdruck ab und speichert solche Proben als Druckspeicherdruck-Spitzenproben. Etwa 45 bis 75 Grad nach dem OT des Pumpenkolbens schaltet der Steuerrechner 58 das Einspritzsteuerventil 38 (Fig. 3A) ein, um ein Einspritzereignis zu starten. Wenn als
- 15 Folge der Einschaltung des Einspritzsteuerventils 38 Kraftstoff aus dem Druckspeicher 38 entnommen wird, sinkt der Druck im Druckspeicher und erreicht etwa 80 Grad nach dem OT des Pumpenkolbens ein Minimum. Der Steuerrechner 58 tastet erneut den Druckspeicherdruck 80 Grad nach dem OT des Pumpen-
- 20 kolbens ab und speichert solche Proben als Druckspeicherdruck-Talproben. Eine grafische Darstellung des Druckspeicherdruckes 110 über den Kurbelwellengraden, im Vergleich zum Bezugsdruck 112, ist in Fig. 4 dargestellt. Fig. 4 zeigt ein Druckspeicher-Druckprofil für eine vollständige Nockenumdrehung
- 25 hnung eines 6-Zylindermotors. Wie die Wellenform 110 zeigt, arbeiten das vordere (24b) und das hintere (24c) Pumpenelement alternierend, und der Steuerrechner 58 erfaßt bei jeder Nockenumdrehung sechs Spitzen- und sechs Taldruckwerte.
- 30 Gemäß einem Merkmal der vorliegenden Erfindung vermag der Steuerrechner 58 die Wellenform des Druckspeicherdruckes zu überwachen, von der ein Beispiel in Fig. 4 dargestellt ist, und verschiedene, die Kraftstoffanlage betreffende Fehler- und Störungsbedingungen zu diagnostizieren. Ein Beispiel einer solchen Fehler- oder Störungsbedingung der Kraftstoffanlage ist ein Hängenbleiben des Drucksensors 72 im Bereich.
- 35 Der Steuerrechner 58 vermag eine solche Störungsbedingung

04.09.00  
1A-85 234  
DE 199 83 014 T1

5 durch Überwachen des Druckspeicherdrucks über die Signalleitung 74 und durch Verarbeiten dieses Signals für erwartete Druckänderungen festzustellen. Wenn der Druckspeicherdruck sich weniger stark als erwartet ändert, protokolliert der Steuerrechner 58 einen Fehlercode und führt einen Algorithmus  
10 für Notrückkehr-Kraftstoffversorgung aus, der auf Störungen gerichtet ist, die mit dem Drucksensor verbunden sind.

In Fig. 5 ist eine bevorzugte Ausführungsform eines Softwarealgorithmus 120 zum Diagnostizieren einer Störung des  
15 Drucksensors 72 durch Hängenbleiben im Bereich. Der Steuerrechner 58 hat vorzugsweise den Algorithmus 120 in sich gespeichert und vermag den Algorithmus 120, wie in der Fachwelt bekannt, viele Male je Sekunde auszuführen. Der Algorithmus startet mit dem Schritt 122, und im Schritt 124 wird ein  
20 Fehlerzähler auf einen willkürlichen Wert gesetzt, im vorliegenden Fall auf Null. Danach tastet der Steuerrechner 58 im Schritt 126 das auf die Signalleitung 74 gegebene Druckspeicherdrucksignal ab. Bei der vorstehend dargestellten und beschriebenen Ausführungsform der Kraftstoffanlage erfaßt der  
25 Steuerrechner 58 vorzugsweise Druckspeicherdrucksignal, das in Fig. 4 dargestellt ist, d.h. sechs Spitzendrucksignale und sechs Taldrucksignale bei einem 6-Zylindermotor. Es versteht sich jedoch, daß andere Druckspeicher-Druckprofile benutzt werden können, bei denen der Schritt 126 vorzugsweise wenigstens das Abtasten aller Druckspitzen- und Drucktalwerte enthält. Unter allen Umständen geht der Algorithmus 120 vom  
30 Schritt 126 zum Schritt 128 weiter.

Im Schritt 128 berechnet der Steuerrechner 58 einen durchschnittlichen Druckwert, ausgehend von wenigstens einigen der  
35 Druckspeicher-Druckproben. Vorzugsweise werden alle zwölf Probenwerte zum Berechnen des Druckdurchschnittswertes verwendet.

04.09.00  
1A.85 234  
DE 199 83 014 T1

5 wendet, obwohl eine kleinere Anzahl als zwölf Proben bei dieser Berechnung verwendet werden kann. Bei einer Ausführungsform berechnet der Steuerrechner 58 den Druckdurchschnittswert als algebraisches Mittel der Druckprobenwerte, wenn-  
gleich die vorliegende Erfindung die Anwendung anderer Mittelbildungstechniken in Betracht zieht, zum Beispiel die Bestimmung des quadratischen Mittels oder des Zentralwertes oder andere kompliziertere Mittelwertbildungstechniken. Unter allen Umständen setzt sich die Ausführung des Algorithmus vom Schritt 128 zum Schritt 1130 fort, wo der Steuerrechner 58  
10 wenigstens einige der Druckspeicher-Druckprobenwerte mit dem Durchschnittsdruckwert vergleicht, vorzugsweise in Übereinstimmung mit allgemein bekannten Gleichungen. Vorzugsweise vergleicht der Steuerrechner 58 im Schritt 130 jeden der Druckprobenwerte (beim vorliegenden Beispiel 12) mit dem  
15 Durchschnittsdruckwert.  
20

Danach bestimmt der Steuerrechner 58 im Schritt 132, ob als Folge des Vergleichsschritts 130 wenigstens einer oder mehrere der Druckspeicherdruckprobenwerte außerhalb eines Schwellenwertes TH (Akr. f. engl. threshold) des Durchschnittsdruckwertes liegt. Der Steuerrechner 58 führt den Schritt 132 vorzugsweise in der Weise aus, daß er bestimmt, ob alle Probenwerte innerhalb des TH des Durchschnittsdruckwertes liegen. Wenn nein, setzt sich die Ausführung des Algorithmus mit  
25 dem Schritt 134 fort, in dem der Steuerrechner 58 den Fehlerzähler (jedoch vorzugsweise nicht unter Null) dekrementiert. Wenn der Steuerrechner 58 im Schritt 132 feststellt, daß alle Probenwerte innerhalb des TH des Durchschnittsdruckwertes liegen, inkrementiert der Steuerrechner 58 den Fehlerzähler.  
30 Von jedem der Schritte 134 und 136 setzt sich die Ausführung des Algorithmus zum Schritt 138 fort. Bei einer Ausführungsform ist der TH auf 100 psi (engl. Pfund je engl. Quadrat-

35

5 zoll; etwa 6,89 bar) eingestellt, wenngleich die vorliegende Erfindung die Verwendung anderer psi-Werte für den TH in Betracht zieht.

10 Im Schritt 138 vergleicht der Steuerrechner 58 den Fehlerzähler mit einem im voraus festgelegten (vorzugsweise eichbaren) Zählwert. Zählt der Fehlerzähler weniger als den im voraus definierten Zählwert, kehrt die Ausführung des Algorithmus durch die Rückschleife zum Schritt 126 zurück. Wenn der Steuerrechner 58 im Schritt 138 feststellt, daß der Fehlerzähler  
15 einen größeren oder den gleichen Zählwert wie der im voraus definierte Zählwert anzeigt, setzt sich die Ausführung des Algorithmus im Schritt 140 fort, in dem der Steuerrechner 58 einen Fehlercode protokolliert, der eine Störung des Drucksensors durch Hängenbleiben im Bereich anzeigt. Bei einer  
20 Ausführungsform ist der im voraus definierte Zählwert auf 36 eingestellt, wenngleich die vorliegende Erfindung die Benutzung anderer Zählwerte in Betracht zieht. Die Ausführung des Algorithmus setzt sich vom Schritt 140 aus zum Schritt 142 fort, in dem der Steuerrechner 58 einen Algorithmus der  
25 Notrückkehr-Kraftstoffversorgung ausführt. Der Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung ist darauf gerichtet, wenigstens eine minimale Kraftstoffversorgung zur Aufrechterhaltung des Motorbetriebs vorzusehen, so daß das Fahrzeug aus einer Gefahrensituation herausgefahren und/oder zu einer Wartungs/Reparaturwerkstatt gefahren werden kann. Ein Beispiel  
30 eines solchen Notrückkehr-Algorithmus ist in Einzelheiten in einer schwebenden Patentanmeldung Nr. 09/033,338, eingereicht auf den Namen Olson et al., mit dem Titel APPARATUS FOR CONTROLLING A FUEL SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE  
35 (Vorrichtung zum Steuern einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine) beschrieben, die auf den Erwerber der Rechte an der vorliegenden Erfindung übertragen ist und deren

- 5 Inhalt durch Bezugnahme zum Inhalt dieser Anmeldung gemacht wird. Die Ausführung des Algorithmus setzt sich vom Schritt 142 aus zum Schritt 144 fort, wo die Ausführung des Algorithmus durch die Rückschleife zur Aufrufroutine zurückkehrt. Alternativ kann vom Schritt 142 durch die Rückschleife zum
- 10 Schritt 124 zur weiteren Ausführung des Algorithmus 120 zurückgekehrt werden.

In Fig. 6 ist ein Beispiel einer Druckspeicherdruck-Wellenform 150 im Vergleich mit einem Bezugsdruckwert 148 dargestellt, wobei die Wellenform 150 sich aus einem Hängenbleiben des Drucksensors 72 im Bereich ergibt. Der Durchschnittsdruckwert, bezogen auf alle zwölf Druckproben, beträgt 11506 psi (etwa 792,76 bar), mit einer durchschnittlichen positiven Änderung von 7,324 psi (etwa 0,50 bar) und einer durchschnittlichen negativen Änderung von 21,973 psi (etwa 1,51 bar). Im Gegensatz dazu beträgt der Durchschnittsdruckwert der Wellenform 110 gemäß Fig. 4 14320,4 psi (etwa 986,7 bar), mit einer durchschnittlichen positiven Änderung von 734,86 psi (etwa 50,6 bar) und einer durchschnittlichen

20 negativen Änderung von 759,28 psi (etwa 52,3 bar). Es sei darauf hingewiesen, daß bei bestimmten Motorbetriebsbedingungen der Sollwert-VCA (Pumpensollwert) und das Kraftstoffsignal (das dem Einspritzsteuerventil 38 zugeleitet wird) nahe bei null liegen werden, und daß der Druckspeicherdruck dementsprechend einer flachen Linie über einer Nockenumdrehung ähnelt. Um irrtümliches Feststellen einer Drucksensorstörung durch Hängenbleiben im Bereich zu vermeiden, wird folglich empfohlen, den Algorithmus 120 nicht auszuführen, wenn die durchschnittliche Einschaltzeit des Einspritzsteuerventils,

30 die im Block 100 gemäß Fig. 2 bestimmt wird, kleiner ist als ein niedriger Kraftstoffversorgungs-Schwellenwert je Nockenumdrehung (in diesem Fall sechs Einspritzereignisse).

DE 199 83 014 T1

5

Ein weiteres Beispiel einer Fehler- oder Störungsbedingung der Kraftstoffanlage, die erfindungsgemäß diagnostizierbar ist, ist eine Störung durch abruptes Schließen des Pumpensteuerventils. Unter bestimmten Bedingungen der Kraftstoffversorgung des Motors (z.B. hohe Kurbelwellendrehzahl, Teiletrümmer im Ventil usw.), reicht die Kraft des aus der Pumpenkammer des Pumpenelementes 24b oder 24c ausströmenden Kraftstoffs aus, um das zugehörige Pumpensteuerventil 30a oder 39b mechanisch zu schließen oder zu betätigen. Diese Erscheinung wird üblicherweise als abruptes Schließen des Pumpensteuerventils bezeichnet. Ein Pumpensteuerventil, das abrupt geschlossen hat, ist im allgemeinen in diesen Zustand bei einer Ventilstellung geraten, die einem VCA größer als null Grad vor dem OT des Pumpenkolbens entspricht. Während die normale Arbeitsweise der Kraftstoffanlage 10 nicht beeinflusst wird, wenn der Sollwert-VCA größer ist als der sich aus der abrupten Schließung ergebende VCA, wird somit mehr als der erforderliche Kraftstoff zum Druckspeicher 34 gepumpt, wenn sich der aus der abrupten Schließung ergebende VCA größer als der Sollwert-VCA ist. Folglich wird der Kraftstoffdruck im Druckspeicher über den Bezugsdruck (Einstellpunkt des Druckspeicherdruckes) ansteigen, in welchem Fall der Steuerrechner 58 durch Einstellen eines VCA-Sollwertes null reagiert. Obwohl ein Sollwert-VCA null eingestellt ist, wird als Folge der abrupten Schließung eine gewisse Kraftstoffmenge weiter in den Druckspeicher gepumpt. Der Steuerrechner 58 vermag eine solche Störungsbedingung durch Überwachen des über die Signalleitung 78 geleiteten Sollwert-VCA und durch Überwachen des Druckspeicherdrucks über die Signalleitung 74 und Verarbeiten dieses Signals für erwartete Druckänderungen festzustellen. Wenn der Druckspeicherdruck sich stärker als erwartet ändert, protokolliert der Steuerrechner 58 einen Fehlercode und führt



04.09.00  
IA-85 234  
DE 199 83 014 T1

5 einen Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung aus,  
der auf pumpenbezogene Störungen gerichtet ist.

In Fig. 7, die sich aus den Fig. 7A und 7B zusammensetzt, ist  
eine bevorzugte Ausführungsform eines Softwarealgorithmus 160  
10 zum Diagnostizieren der Störungsbedingung aus abrupter  
Schließung des Pumpensteuerventils 30a oder 30b dargestellt.  
Der Steuerrechner 58 hat den Algorithmus 160 vorzugsweise in  
sich gespeichert und vermag, wie in der Fachwelt bekannt, den  
Algorithmus 160 viele Male je Sekunde auszuführen. Der Algo-  
15 rithmus startet im Schritt 162, und im Schritt 164 führt der  
Steuerrechner 58 eine Voreinstellung des ersten und des zwei-  
ten Fehlerzählers auf einen willkürlichen Wert aus, in diesem  
Falle auf null. Danach setzt der Steuerrechner 58 im Schritt  
20 166 einen Schleifenzähler, cyl, wobei cyl gleich ist der An-  
zahl Pump/Einspritzereignisse (hier sechs), auf einen will-  
kürlichen Wert, hier eins. Danach bestimmt der Steuerrechner  
58 im Schritt 168, ob der Sollwert-VCA gleich null über we-  
nigstens eine vollständige Nockenumdrehung ist, indem er den  
Kraftstoff-Sollwertausgang auf der Signalleitung 78 über-  
25 wacht. Wenn im Schritt 168 der Sollwert-VCA nicht gleich null  
ist, kehrt der Algorithmus in der Rückschleife zum Schritt  
164 zurück. Wenn im Schritt 168 der Sollwert-VCA gleich null  
ist, setzt sich die Ausführung des Algorithmus mit dem  
Schritt 170 fort.

30

Bei normaler Arbeitsweise der Kraftstoffanlage 10 sollte ein  
Sollwert-VCA gleich null zu einer minimalen Änderung des  
Druckspeicherdrucks während der Nockenumdrehung führen. Folg-  
lich vermag der Steuerrechner 58 im Schritt 170 eine Änderung  
35 im Druckspeicherdruck ( $\Delta$ AP; Akkr. f. engl. difference accumu-  
lator pressure) aufgrund der Einstellung des Sollwert-VCA auf  
null im Schritt 168 festzustellen. Der Steuerrechner 58 spei-

5 chert die  $\Delta AP$ , die dem laufenden Pump/Einspritzereignis entspricht, im Schritt 170, inkrementiert cyl im Schritt 172 und prüft cyl danach, um zu bestimmen, ob alle Pump/Einspritzereignisse verarbeitet worden sind. Beim vorliegenden Beispiel finden sechs Pump/Einspritzereignisse statt, so daß der  
10 Steuerrechner sechs solche  $\Delta AP$ -Werte speichert. Im Schritt 172 prüft somit der Steuerrechner 58 cyl bezüglich des Wertes sechs, und wenn kleiner oder gleich sechs, kehrt die Ausführung des Algorithmus in der Rückschleife zum Schritt 168 zurück. Wenn andererseits der Steuerrechner im Schritt 174  
15 feststellt, daß cyl größer als sechs ist, setzt sich die Ausführung des Algorithmus mit dem Schritt 176 fort.

Im Schritt 176 bestimmt der Steuerrechner 58, ob wenigstens einige der  $\Delta AP$ -Werte größer als ein Druckänderungsschwellenwert TH für die erste (vordere) Kraftstoffpumpe 24b sind. Bei  
20 einer Ausführungsform vermag der Steuerrechner 58 im Schritt 176 zu bestimmen, ob alle  $\Delta AP$ -Werte größer als TH sind, wenngleich die vorliegende Erfindung in Betracht zieht, im Schritt 176 weniger als alle  $\Delta AP$ -Werte zu prüfen, ob sie  
25 kleiner als TH sind. Bei einer Ausführungsform ist TH auf 450 psi (etwa 31 bar) eingestellt, wenngleich die vorliegende Erfindung die Benutzung anderer Werte von TH in Betracht zieht. Wenn im Schritt 176 alle  $\Delta AP$ -Werte größer als TH sind, setzt sich die Ausführung des Algorithmus in jedem Fall mit dem  
30 Schritt 178 fort, in dem der Steuerrechner 58 den ersten Fehlerzähler inkrementiert. Im umgekehrten Fall, wenn im Schritt 176 alle  $\Delta AP$ -Werte kleiner oder gleich TH sind, setzt sich die Ausführung des Algorithmus mit dem Schritt 180 fort, in dem der Steuerrechner 58 den ersten Fehlerzähler  
35 (vorzugsweise nicht unter null) dekrementiert. Die Ausführung

04.09.00  
IA-85 234  
DE 199 83 014 T1

5 des Algorithmus setzt sich vom Schritt 178 oder 180 aus mit dem Schritt 182 fort.

Im Schritt 182 bestimmt der Steuerrechner 58, ob wenigstens einige der  $\Delta$ AP-Werte größer als der Druckänderungsschwellenwert TH für die zweite (hintere) Kraftstoffpumpe 24c sind. Bei einer Ausführungsform vermag der Steuerrechner 58 im Schritt 182 zu bestimmen, ob alle  $\Delta$ AP-Werte größer als TH sind, wenngleich die vorliegende Erfindung in Betracht zieht, im Schritt 182 weniger als alle  $\Delta$ AP-Werte auf einen Betrag kleiner als TH zu prüfen. Bei einer Ausführungsform ist TH auf 450 psi (etwa 31 bar) eingestellt, wenngleich die vorliegende Erfindung die Benutzung anderer TH-Werte in Betracht zieht, und ferner die Benutzung eines TH-Wertes in Betracht zieht, der von dem TH-Wert für die erste (vordere) Pumpe 24b verschieden ist. Wenn im Schritt 182 alle  $\Delta$ AP-Werte größer als TH sind, setzt sich die Ausführung des Algorithmus mit dem Schritt 184 fort, in dem der Steuerrechner 58 den zweiten Fehlerzähler inkrementiert. Im umgekehrten Falle, wenn im Schritt 182 alle  $\Delta$ AP-Werte kleiner oder gleich TH sind, setzt sich die Ausführung des Algorithmus mit dem Schritt 186 fort, in dem der Steuerrechner 58 den zweiten Fehlerzähler (vorzugsweise nicht unter null) dekrementiert. Die Ausführung des Algorithmus setzt sich vom Schritt 184 oder 186 aus mit dem Schritt 188 fort, in dem der Steuerrechner 58 prüft, ob jeder der ersten und zweiten Fehlerzähler einen im voraus festgelegten (vorzugsweise eichbaren) Zählstand überschritten hat. Bei einer Ausführungsform beträgt der im voraus definierte Zählstand 36, wenngleich die vorliegende Erfindung die Benutzung anderer Zählstände in Betracht zieht. Wenn keiner der Fehlerzähler den im voraus festgelegten Zählstand überschritten hat, kehrt die Ausführung des Algorithmus in der

5   Rückschleife zum Schritt 166 zurück. Wenn andererseits einer  
der Fehlerzähler den im voraus festgelegten Zählstand über-  
schritten hat, geht die Ausführung des Algorithmus mit dem  
Schritt 190 weiter, in dem der Steuerrechner einen entspre-  
chenden Fehlercode protokolliert und zum Schritt 192 weiter-  
10 geht, in dem der Steuerrechner 58 einen Algorithmus der  
Notrückkehr-Kraftstoffversorgung ausführt. Der Algorithmus  
der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung ist vorzugsweise darauf  
gerichtet, wenigstens eine minimale Kraftstoffversorgung zur  
Aufrechterhaltung des Motorbetriebs vorzusehen, so daß das  
15 Fahrzeug aus einer Gefahrensituation herausgefahren und/oder  
zu einer Wartungs/Reparaturwerkstatt gefahren werden kann.  
Ein Beispiel eines solchen Algorithmus der Notrückkehr-Kraft-  
stoffversorgung ist in Einzelheiten in der schwebenden US-  
Patentanmeldung Nr. 09/033,338, eingereicht auf den Namen Ol-  
20 son et al., mit dem Titel APPARATUS FOR CONTROLLING A FUEL  
SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE (Vorrichtung zum  
Steuern einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschi-  
ne) beschrieben, die auf den Erwerber der Rechte an der vor-  
liegenden Erfindung übertragen ist und deren Inhalt durch Be-  
25 zugnahme zum Inhalt dieser Anmeldung gemacht wird. Die Aus-  
führung des Algorithmus geht vom Schritt 192 aus zum Schritt  
194 weiter, von dem sie zu ihrer Aufrufroutine zurückkehrt.  
Alternativ kann vom Schritt 192 durch die Rückschleife zum  
Schritt 164 zur weiteren Ausführung des Algorithmus 160 zu-  
30 rückgekehrt werden.

In Fig. 8 ist ein Beispiel einer Druckspeicherdruck-Wellen-  
form 196 im Vergleich zu einem Bezugsdruckwert 198 darge-  
stellt, wobei die Wellenform 196 sich aus einer Störungsbe-  
35 dingung durch abruptes Schließen des Kraftstoffpumpen-Steuer-  
ventils bei dem vorderen (ersten) Pumpenelement 24b ergibt.  
Hinsichtlich der Wellenform 196 und für das vordere Pumpen-

DE 199 83 014 11

- 5 element 24b ist  $VCA_{f1}=0$ ,  $VCA_{f2}=0$  und  $VCA_{f3}=0$ , wogegen  
 $\Delta AP_{f1}=1201$  psi (etwa 82,75 bar),  $\Delta AP_{f2}=1201$  psi (etwa 82,75  
bar) und  $\Delta AP_{f3}=1201$  psi (etwa 82,75 bar) beträgt. Dagegen  
sollte die Druckspeicherdruck-Wellenform für eine normal ar-  
beitende Kraftstoffanlage 10 bei einem Sollwert-VCA null ähn-  
10 lich wie die in Fig. 6 dargestellte Wellenform 150 aussehen.  
Hinsichtlich der Wellenform 150 und für das vordere Pum-  
penelement 24b beträgt  $VCA_{f1}=0$ ,  $VCA_{f2}=0$  und  $VCA_{f3}=0$ , wogegen  
 $\Delta AP_{f1}=87,8$  psi (etwa 6,05 bar),  $\Delta AP_{f2}=0$  psi und  $\Delta AP_{f3}=0$  psi  
beträgt.
- 15
- Ein weiteres Beispiel einer Fehler- oder Störungsbedingung  
der Kraftstoffanlage, die erfindungsgemäß diagnostizierbar  
ist, ist die Störung eines Pumpenelementes (24b oder 24c).  
Wenn eines der Pumpenelemente 24b oder 24c gestört ist (z.B.  
20 gestörter Elektromagnet, festgefressener Pumpenkolben usw.),  
mit der Folge einer nicht betriebsfähigen Pumpe, vermag der  
Steuerrechner 58 Druckspeicherdruckänderungen, die durch die  
verschiedenen Pumpen veranlaßt sind, festzustellen und zu be-  
stimmen, wenn eine der Pumpen versagt hat. Bei normalem Pump-  
25 betrieb ist der Anstieg des Druckspeicherdruckes aufgrund  
aufeinanderfolgender vorderer und hinterer Pumpereignisse un-  
gefähr gleich. Bei Störung eines Pumpenelementes 24b oder 24c  
ist die Erhöhung des Druckspeicherdruckes aufgrund dieser  
Pumpe vernachlässigbar, wogegen das betriebsfähige Pumpenele-  
30 ment stärker pumpt, um das gestörte Pumpenelement auszuglei-  
chen. Der Steuerrechner 58 vermag daher eine durchschnittli-  
che Erhöhung des Druckspeicherdruckes, hervorgerufen durch  
jedes Pumpenelement, zu bestimmen, eine Differenz zwischen  
ihnen zu bestimmen und diese Differenz mit einem Schwellen-  
35 wert zu vergleichen.

04.09.00  
FA-95 234  
DE 199 83 014 T1

5 In Fig. 9, die sich aus den Fig. 9A und 9B zusammensetzt, ist  
eine Ausführungsform eines Softwarealgorithmus 200 zum Dia-  
gnostizieren der Kraftstoffanlage 10 bei Pumpenelementstörun-  
gen dargestellt. Der Steuerrechner 58 hat vorzugsweise den  
Algorithmus 200 in sich gespeichert und vermag, wie in der  
10 Fachwelt bekannt, den Algorithmus 200 viele Male je Sekunde  
auszuführen. Der Algorithmus startet mit dem Schritt 202, und  
im Schritt 204 stellt der Steuerrechner 58 den ersten und den  
zweiten Fehlerzähler auf einen willkürlich Wert vorab ein, in  
diesem Fall auf null. Danach setzt der Steuerrechner 58 im  
15 Schritt 206 einen Schleifenzähler, cyl, wobei cyl gleich ist  
der Anzahl Pump/Einspritzereignisse (hier sechs), auf einen  
willkürlichen Wert, eins in diesem Fall. Danach bestimmt der  
Steuerrechner im Schritt 208 eine Erhöhung des Druckspeicher-  
druckes  $\Delta AP$  infolge der Betätigung eines der Pumpenelemente  
20 24b und 24c. Für die Zwecke des Algorithmus 200 bleibt der  
Bezugsdruck bei jeder Ausführung des Schrittes 204 vorzugs-  
weise konstant. Der Steuerrechner 58 speichert im Schritt 208  
die dem laufenden Pump/Einspritzereignis entsprechende  $\Delta AP$ ,  
erhöht cyl im Schritt 210 und prüft danach cyl zur Bestim-  
25 mung, ob alle Pump/Einspritzereignisse verarbeitet worden  
sind. Beim vorliegenden Beispiel finden sechs solcher Pump/-  
Einspritzereignisse statt, so daß der Steuerrechner sechs  
solche  $\Delta AP$ -Werte speichert. Im Schritt 212 vergleicht somit  
der Steuerrechner 58 cyl mit dem Wert sechs, und bei einem  
30 Betrag kleiner oder gleich sechs, kehrt die Ausführung des  
Algorithmus durch die Rückschleife zum Schritt 208 zurück.  
Wenn andererseits der Steuerrechner im Schritt 212 fest-  
stellt, daß cyl größer als sechs ist, geht die Ausführung des  
Algorithmus mit dem Schritt 214 weiter.

04.09.00  
1A-85 294  
DE 199 83 014 T1

- 5 Im Schritt 214 bestimmt der Steuerrechner 58 eine durchschnittliche Erhöhung des Druckspeicherdruckes,  $\Delta AP_1$ , die das erste (vordere) Pumpenelement 24b hervorgerufen ist. Der Steuerrechner 58 bestimmt  $\Delta AP_1$  vorzugsweise als algebraisches Mittel aller dem ersten Pumpenelement 24b zuzuordnenden  $\Delta AP$ -
- 10 Werte, wenngleich die vorliegende Erfindung eine Bestimmung von  $\Delta AP_1$  entsprechend anderer Mittelwertbildungstechniken in Betracht zieht, z.B. Berechnung des quadratischen Mittels oder des Zentralwertes, oder andere kompliziertere Verfahren. Außerdem zieht die vorliegende Erfindung die Berechnung von
- 15  $\Delta AP_1$  ausgehend von weniger als allen  $\Delta AP$ -Werten in Betracht, die dem ersten Pumpenelement 24b zuzuordnen sind. In jedem Falle geht die Ausführung des Algorithmus vom Schritt 214 aus mit dem Schritt 218 weiter.
- 20 Im Schritt 218 bestimmt der Steuerrechner 58 eine Durchschnittserhöhung des Druckspeicherdrucks  $\Delta AP_2$ , die durch das zweite (hintere) Pumpenelement 24c veranlaßt ist. Der Steuerrechner 58 bestimmt die  $\Delta AP_2$  vorzugsweise als algebraisches Mittel aller dem zweiten Pumpenelement 24c zuzuordnenden
- 25  $\Delta AP$ -Werte, wenngleich die vorliegende Erfindung die Bestimmung von  $\Delta AP_2$  entsprechend anderer Mittelbildungstechniken in Betracht zieht, z.B. Berechnung des quadratischen Mittels oder des Zentralwertes, oder andere kompliziertere Verfahren. Außerdem zieht die vorliegende Erfindung die Berechnung von
- 30  $\Delta AP_2$  ausgehend von weniger als allen  $\Delta AP$ -Werten, die dem ersten Pumpenelement 24c zugeordnet werden können, in Betracht. In jedem Fall geht die Ausführung des Algorithmus vom Schritt 218 aus mit dem Schritt 220 weiter.

DE 199 83 014 T1

- 5 Im Schritt 220 bestimmt der Steuerrechner 58 eine Durchschnittserhöhung des Druckspeicherdruckes  $\Delta AP_T$ , die sowohl durch das erste (vordere) Pumpenelement 24b als auch durch das zweite (hintere) Pumpenelement 24c hervorgerufen ist. Der Steuerrechner 58 berechnet  $\Delta AP_T$  vorzugsweise als algebraisches Mittel aller dem ersten und dem zweiten Pumpenelement 10 24b und 24c zuzuordnenden  $\Delta AP$ -Werte, wenngleich die vorliegende Erfindung die Bestimmung von  $\Delta AP_T$  entsprechend anderer Mittelbildungstechniken in Betracht zieht, z.B. Berechnung des quadratischen Mittels oder des Zentralwertes, oder andere 15 kompliziertere Verfahren. Außerdem zieht die vorliegende Erfindung die Berechnung von  $\Delta AP_T$  anhand weniger als aller dem ersten und dem zweiten Pumpenelement 24b und 24c zuzuordnenden  $\Delta AP$ -Werten in Betracht, wenngleich bei der Berechnung vorzugsweise die gleiche Anzahl  $\Delta AP$ -Werte, die dem ersten 20 und dem zweiten Pumpenelement 24b und 24c zugeordnet werden können, benutzt werden. In jedem Falle geht die Ausführung des Algorithmus vom Schritt 220 aus mit dem Schritt 222 weiter.
- 25 Im Schritt 222 vergleicht der Steuerrechner 58  $\Delta AP_1$  und  $\Delta AP_2$ , und wenn eine Differenz zwischen ihnen kleiner oder gleich einem Druckänderungsgrenzwert ist, geht die Ausführung des Algorithmus mit dem Schritt 216 weiter, in dem beide Fehlerzähler counter1 und counter2 (vorzugsweise nicht unter null) 30 dekrementiert werden und danach die Ausführung des Algorithmus durch die Rückschleife zum Schritt 206 zurückkehrt. Wenn im Schritt 222 die Differenz zwischen  $\Delta AP_1$  und  $\Delta AP_2$  größer als ein Druckänderungsgrenzwert ist, geht die Ausführung des Algorithmus mit dem Schritt 224 weiter. Bei einer bevorzugten 35 Ausführungsform ist der im Schritt 222 benutzte Druckänderungsgrenzwert gleich einem Schwellenwert TH mal  $\Delta AP_T/100$ ,



04.09.90  
DE 199 83 014 T1  
LA-85-224

- 5    wenngleich andere Druckänderungsgrenzwerte in Betracht gezogen werden. Der Schwellenwert TH beträgt bei einer bevorzugten Ausführungsform 100%, wenngleich andere Werte für TH in Betracht gezogen werden.
- 10   Im Schritt 224 vergleicht der Steuerrechner 58 erneut  $\Delta AP_1$  und  $\Delta AP_2$ , um zu bestimmen, welches der Pumpenelemente 24b und 24c gestört ist. Wenn die Differenz zwischen  $\Delta AP_1$  und  $\Delta AP_2$  größer als null ist, ist das zweite (hintere) Pumpenelement 24c gestört und die Ausführung des Algorithmus geht mit dem
- 15   Schritt 226 weiter, in dem der zweite Fehlerzähler inkrementiert wird. Wenn im Schritt 224 die Differenz zwischen  $\Delta AP_1$  und  $\Delta AP_2$  kleiner als null ist, ist das erste (vordere) Pumpenelement 24b gestört und die Ausführung des Algorithmus geht mit dem Schritt 228 weiter, in dem der erste Fehlerzähler
- 20   inkrementiert wird. Von jedem der Schritte 226 und 228 aus geht die Ausführung des Algorithmus mit dem Schritt 230 weiter.
- Im Schritt 230 bestimmt der Steuerrechner 58, ob beide
- 25   Fehlerzähler counter1 und counter2 einen größeren als den im voraus definierten (und vorzugsweise eichbaren) Zählstand haben. Wenn keiner der Fehlerzähler einen höheren als den im voraus definierten Zählstand anzeigt, kehrt die Ausführung des Algorithmus durch die Rückschleife zum Schritt 206 zurück. Wenn der Steuerrechner 58 im Schritt 230 bestimmt, daß
- 30   jeder Fehlerzähler einen höheren als den im voraus definierten Zählstand hat, geht die Ausführung des Algorithmus mit dem Schritt 232 weiter, in dem der Steuerrechner 58 einen entsprechenden Fehlercode protokolliert. Danach führt der
- 35   Steuerrechner 58 im Schritt 234 einen Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung aus, der sich auf pumpenbe-

DE 199 83 014 T1

- 5 zogene Störungen bezieht. Der Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung zielt vorzugsweise darauf, wenigstens eine minimale Kraftstoffversorgung zur Aufrechterhaltung des Motorbetriebs vorzusehen, so daß das Fahrzeug aus einer Gefahrensituation herausgefahren und/oder zu einer Wartungs/-
- 10 Reparaturwerkstatt gefahren werden kann. Ein Beispiel eines solchen Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung ist in Einzelheiten in der schwebenden US-Patentanmeldung Nr. 09/033,338, eingereicht auf den Namen Olson et al., mit dem Titel APPARATUS FOR CONTROLLING A FUEL SYSTEM OF AN INTERNAL
- 15 COMBUSTION ENGINE (Vorrichtung zum Steuern einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine) beschrieben, die dem Erwerber der Rechte an der vorliegenden Erfindung übertragen ist und deren Inhalt durch Bezugnahme zum Inhalt dieser Anmeldung gemacht ist. Die Ausführung des Algorithmus geht vom
- 20 Schritt 234 aus mit dem Schritt 236 weiter, von dem sie zu ihrer Aufrufroutine zurückkehrt. Alternativ kann vom Schritt 234 durch die Rückschleife zum Schritt 204 zur weiteren Ausführung des Algorithmus 200 zurückgekehrt werden.
- 25 In Fig. 10 ist ein Beispiel einer Druckspeicherdruck-Wellenform 238 im Vergleich zu einem Bezugsdruckwert 240 dargestellt, wobei die Wellenform 234 durch ein gestörtes erstes (vorderes) Pumpenelement 24b hervorgerufen ist. Bezüglich der Wellenform 238 beträgt  $\Delta AP_1 = 78,0$  psi (etwa 5,4 bar),  $\Delta AP_2 =$
- 30  $1044,7$  psi (etwa 72 bar) und  $\Delta AP_T = 561,3$  psi (etwa 38,7 bar). Im Gegensatz dazu sollte die Druckspeicherdruck-Wellenform für eine normal arbeitende Kraftstoffanlage 10 als Reaktion auf einen auf null gesetzten VCA-Sollwert ähnlich wie die in Fig. 4 dargestellte Wellenform 110 aussehen. Bei der Wellen-
- 35 form 110 beträgt  $\Delta AP_1 = 1338,0$  psi (etwa 92,2 bar),  $\Delta AP_2 = 1367,7$  psi (etwa 94,2 bar) und  $\Delta AP_T = 1352,8$  psi (etwa 93,2 bar).

DE 199 83 014 T1

5

Gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung vermag der Steuerrechner 58 das auf der Signalleitung 78 übertragene Pumpensollwertsignal zu überwachen und laufende Werte dieses Signals mit erwarteten Pumpensollwerten zu vergleichen, die im Steuerrechner 58 gespeichert sind, wobei die  
10 erwarteten Pumpensollwerte von Motorbetriebsbedingungen ausgehen, die einer üblichen Motordrehzahl, einem üblichen Kraftstoff-Sollwert (Fig. 2) und einem üblichen Druckspeicherdruck entsprechen. Wenn das laufende Kraftstoff-Sollwertsignal außerhalb eines vorgeschriebenen Bereiches des erwarteten Pumpensollwertes liegt, protokolliert der Steuerrechner 58 einen Fehlercode und führt einen Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung aus, der sich auf mit der Kraftstoffpumpe verbundene Störungen bezieht. Dieses Merkmal der  
15 vorliegenden Erfindung ist auf das Diagnostizieren von Bedingungen des Überpumpens gerichtet, die mit beiden Kraftstoffpumpenelementen 24b und 24c verbunden sind.  
20

In Fig. 11 ist eine Ausführungsform eines Softwarealgorithmus 250 zum Diagnostizieren der Kraftstoffanlage 10 auf Überpumpen-Bedingungen dargestellt, die von jedem der Pumpenelemente 24b und 24c veranlaßt sein können. Der Steuerrechner 58 hat den Algorithmus 250 vorzugsweise in sich gespeichert und vermag, wie der Fachwelt bekannt, den Algorithmus 250 viele Male  
30 je Sekunde auszuführen. Der Algorithmus startet mit dem Schritt 252, und im Schritt 254 tastet der Steuerrechner 58 das laufende Pumpensollwertsignal auf der Signalleitung 78 ab, was vorzugsweise der Bestimmung eines gegenwärtigen VCA-Wertes (sh. Fig. 3) entspricht. Danach bestimmt der Steuerrechner 58 im Schritt 256 einen laufenden Kraftstoff-Sollwert (CPC) (sh. Fig. 2). Danach bestimmt der Steuerrechner 58 im Schritt 258 einen laufenden Druckspeicherdruckwert, vorzugs-  
35

04.09.00  
1A.85 234  
DE 199 83 014 T1

5 weise durch Erfassen des Drucksignals auf der Signalleitung  
74. Danach bestimmt der Steuerrechner 58 im Schritt 260 einen  
laufenden Motordrehzahlwert, vorzugsweise durch Erfassen des  
Motordrehzahlsignals auf der Signalleitung 70. Danach be-  
stimmt der Steuerrechner 58 im Schritt 262 die Kraftstofftem-  
10 peratur (FT, Akr. f. engl. fuel temperature) im Druckspeicher  
34 oder in den Leitungen 36a, 36b oder 40, vorzugsweise durch  
Erfassen des vom Sensor 72 auf die Signalleitung 74 gegebenen  
kombinierten Kraftstoffdruck- und Kraftstofftemperatur-  
Signals, wie weiter oben beschrieben wurde. Danach bestimmt  
15 der Steuerrechner 58 im Schritt 264 einen erwarteten Pumpen-  
sollwert (EPC; Akr. f. engl. expected pump command), ausge-  
hend von laufenden Werten des Kraftstoffsollwertes, des  
Druckspeicherdrucksignals, des Motordrehzahlsignals und des  
Kraftstofftemperatursignals. Es versteht sich jedoch, daß die  
20 vorliegende Erfindung die Bestimmung des EPC-Wertes ausgehend  
von irgendeinem oder mehreren der vorstehend genannten Signa-  
le oder Werte in Betracht zieht.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist im Steuerrechner 58  
25 eine Vielzahl Nachschlagtabellen gespeichert, die je einem  
eindeutigen Motordrehzahlbereich und Kraftstofftemperaturbe-  
reich entsprechen, und wobei die Anzahl Nachschlagtabellen  
einen zweckdienlichen Bereich der Motordrehzahlen und Kraft-  
stofftemperaturen umfassen. Ein Beispiel einer Nachschlagta-  
30 belle für einen solchen Motordrehzahlbereich (ES; Akr. f.  
engl. engine speed)  $ES_1 < ES < ES_2$  und Kraftstofftemperatur-  
bereich  $FT_1 < FT < FT_2$  ist in Fig. 12 dargestellt. Gemäß Fig.  
12 entspricht jede Spalte der Nachschlagtabelle 280 einem  
Druckspeicherdruckwert (AP) und jede Zeile entspricht einem  
35 Kraftstoff-Sollwert (FC; Akr. f. engl. fuel command). Die Ta-  
belle 280 ist mit erwarteten Kraftstoff-Sollwerten gefüllt,  
auf der Basis eines üblichen Motordrehzahlbereichs  $ES_1 < ES <$

04.09.00  
IA 85 234  
DE 199 83 014 T1

5 ES<sub>2</sub>, eines üblichen Kraftstofftemperaturbereichs  $FT_1 < FT < FT_2$ , eines üblichen Druckspeicherdruckwertes (AP) und eines üblichen Kraftstoffsollwertes (FC). Die vorliegende Erfindung zieht einen alternativen Aufbau der Tabelle 280 mit Zeilen und Spalten in Betracht, die nach verschiedenen der bevorzug-

10 ten drei Variablen definiert sind. Ein Beispiel eines solchen alternativen Aufbaus bietet eine Vielzahl Nachschlagtabellen je mit einem verschiedenen Druckspeicherdruckbereich und Kraftstofftemperaturbereich, bei dem jede Spalte einem Motordrehzahlwert und jede Zeile einem Kraftstoffsollwert (FC)

15 entspricht. Andere Kombinationen werden ebenfalls in Betracht gezogen. Bei einer alternativen Ausführungsform enthält der Steuerrechner eine Vielzahl dreidimensionaler Tabellen, wobei jede aus der Vielzahl Nachschlagtabellen einem eindeutigen Motordrehzahlbereich (oder einem anderen Betriebsbereich ei-

20 nes der übrigen Parameter) entspricht und die Anzahl der Nachschlagtabellen zusammen einen zweckdienlichen Bereich der Motordrehzahlen umfassen. Die vorliegende Erfindung zieht ebenfalls eine Bestimmung des EPC-Wertes auf der Basis einer mathematischen Funktion des Sollwertes für Kraftstoff, Druck-

25 speicherdruck, Motordrehzahl und Kraftstofftemperatur in Betracht. Eine solche mathematische Funktion könnte stetig, stückweise stetig oder nicht stetig sein.

Gemäß Fig. 11 geht die Ausführung des Algorithmus mit dem

30 Schritt 266 weiter, in dem der Steuerrechner 58 CPC mit EPC, vorzugsweise durch Berechnen einer Differenz zwischen ihnen vergleicht. Bei einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann im Steuerrechner 58 eine Vielzahl Wellenformen für erwartete Pumpensollwerte gespeichert sein,

35 wobei jede Wellenform einer oder mehreren speziellen Motorbetriebsbedingungen entspricht, und der Steuerrechner im Schritt 264 ausgehend von laufenden Betriebsbedingungen eine ganz

04.09.00  
1A.85 237  
DE 199 83 014 T1

5 spezielle Wellenform abrufen und danach im Schritt 266 einen  
Vergleich zwischen ihnen durch Modellanalyse oder durch ähn-  
liche, bekannte Signalvergleichsverfahren vornimmt. In jedem  
Falle setzt sich die Ausführung des Algorithmus nach dem  
Schritt 266 mit dem Schritt 268 fort, in dem der Steuerrech-  
10 ner durch die Rückschleife zum Schritt 254 zurückkehrt, wenn  
eine Differenz zwischen CPC und EPC kleiner oder gleich einem  
Schwellenwert TH ist. Wenn der Steuerrechner 58 im Schritt  
268 bestimmt, daß die Differenz zwischen CPC und EPC größer  
als TH ist, geht die Ausführung des Algorithmus mit dem  
15 Schritt 270 weiter, in dem der Steuerrechner 58 einen sich  
auf übermäßige Kraftstoffversorgung beziehenden Fehlercode  
protokolliert. Danach führt der Steuerrechner 58 im Schritt  
272 einen Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung  
aus, der sich auf mit der Kraftstoffpumpe verbundene Störun-  
20 gen bezieht. Der Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffver-  
sorgung ist vorzugsweise darauf gerichtet, wenigstens eine  
minimale Kraftstoffversorgung zur Aufrechterhaltung des Mo-  
torbetriebs vorzusehen, so daß das Fahrzeug aus einer Gefah-  
rensituation herausgefahren und/oder zu einer Wartungs/Repa-  
25 raturwerkstatt gefahren werden kann. Ein Beispiel eines sol-  
chen Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung ist in  
Einzelheiten in der schwebenden US-Patentanmeldung Nr. 09/  
033,338, eingereicht auf den Namen Olson et al., mit dem Ti-  
tel APPARATUS FOR CONTROLLING A FUEL SYSTEM OF AN INTERNAL  
30 COMBUSTION ENGINE (Vorrichtung zum Steuern einer Kraftstoff-  
anlage einer Verbrennungskraftmaschine) beschrieben, die dem  
Erwerber der Rechte an der vorliegenden Erfindung übertragen  
ist und deren Inhalt durch Bezugnahme zum Inhalt dieser An-  
meldung gemacht wird. Die Ausführung des Algorithmus setzt  
35 sich vom Schritt 272 aus mit dem Schritt 274 fort, in dem sie  
zu ihrer Aufrufroutine zurückkehrt. Alternativ kann der

04.09.00  
1A 85 234  
DE 199 83 014 T1

- 5 Schritt 272 durch die Rückschleife zum Schritt 254 zur weiteren Ausführung des Algorithmus 250 zurückkehren.

Zwar ist die Erfindung in den vorstehend genannten Zeichnungen und der vorstehenden Beschreibung in Einzelheiten dargestellt und beschrieben worden, sie muß jedoch als beispielhaft und als nicht einschränkend betrachtet werden, wobei es sich versteht, daß nur eine bevorzugte Ausführungsform derselben dargestellt und beschrieben worden ist, und daß alle Änderungen und Abwandlungen, die sich innerhalb des Rahmens  
10  
15 der Erfindung ergeben, zu schützen sind.

VORRICHTUNG ZUM DIAGNOSTIZIEREN VON STÖRUNGS- UND FEHLERBE-  
DINGUNGEN IN EINER KRAFTSTOFFANLAGE EINER VERBRENNUNGSKRAFT-  
MASCHINE

10

Eine Kraftstoffanlage weist ein Paar elektronisch steuerbare  
Hochdruck-Kraftstoffpumpen auf, die unter hohem Druck stehen-  
den Kraftstoff von einer Niederdruck-Kraftstoffquelle zu ei-  
ner Hochdruck-Kraftstoffsammelkammer fördern, mit der ein  
15 Drucksensor verbunden ist. Die Kraftstoffsammelkammer ver-  
sorgt ein elektronisch steuerbares Ventil, das den unter ho-  
hem Druck stehenden Kraftstoff an eine Kraftstoffverteiler-  
einheit abgibt, die den Kraftstoff zu einer Vielzahl Kraft-  
stoffinjektoren weiterfördert. Zum Steuern der Hochdruck-  
20 Kraftstoffpumpe und des Ventils in Abhängigkeit von angefor-  
deter Kraftstoffzufuhr, Motordrehzahl und Kraftstoffdruck,  
den der Drucksensor bereitstellt, ist ein Steuerrechner vor-  
gesehen. Das Druckspeicherdruckprofil wird entsprechend ver-  
schiedener Verfahren, die Teil der vorliegenden Erfindung  
25 bilden, verarbeitet, die sich auf das Diagnostizieren von  
Störungen des Drucksensors im Bereich, Störungen durch abrupt-  
tes Schließen des Kraftstoffpumpen-Einspritzventils und von  
Störungen einer der Kraftstoffpumpen beziehen. Gemäß einem  
anderen Merkmal der vorliegenden Erfindung wird das laufende  
30 Kraftstoffpumpen-Sollwertsignal mit einem vorhergesagten  
Kraftstoffpumpen-Sollwert, der im genannten Rechner gespei-  
chert ist, zum Diagnostizieren von Überpumpbedingungen ver-  
glichen. Der vorhergesagte Kraftstoff-Sollwert wird vorzugs-  
weise aus einer Nachschlagtabelle als Funktion der Motordreh-  
35 zahl, des Kraftstoff-Sollwertes und des Druckspeicherdruckes  
abgerufen.

Fig. 1



1. Vorrichtung zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine, mit
- einer ersten Kraftstoffpumpe, die in Abhängigkeit von  
10 einem Pumpensollwertsignal unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von einer Niederdruck-Kraftstoffquelle fördert,
  - einem den genannten unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von der genannten ersten Kraftstoffpumpe empfangenden Druckspeicher,
  - 15 - einem Ventil, das in Abhängigkeit von einem Ventilsteuersignal unter hohem Druck stehenden Kraftstoff aus dem genannten Druckspeicher entnimmt,
  - einer Einrichtung zum Erfassen des Kraftstoffdruckes im genannten Druckspeicher und zum Erzeugen eines dementsprechenden Drucksignals, wobei das genannte Drucksignal Spitzenwerte, die Spitzendrücken des ihm durch die genannte erste Kraftstoffpumpe zugeführten Kraftstoffs entsprechen, und niedrigere Talwerte aufweist, die Taldrücken des im genannten Druckspeicher vorhandenen Kraftstoffs entsprechen, welche  
20 sich aus dem Abzug von Kraftstoff aus ihm ergeben, und
  - einem Steuerrechner, der eine Vielzahl erster Druckwerte, die je nahe einem getrennten Spitzenwert unter den genannten Spitzenwerten liegen, und eine Vielzahl zweiter Druckwerte abtastet, die je nahe einem getrennten Talwert der  
30 genannten Talwerte des genannten Drucksignals liegen, und auf dieser Grundlage einen Durchschnittsdruckwert bestimmt, wobei der genannte Steuerrechner jeden Druckwert von der genannten Vielzahl erster und zweiter Druckwerte mit dem genannten Durchschnittsdruckwert vergleicht und einen Fehlerzähler inkrementiert, wenn wenigstens ein Druckwert von der genannten  
35 Vielzahl erster und zweiter Druckwerte außerhalb eines

- 5    Schwellenbereichs des genannten Durchschnittsdruckwertes  
     liegt.
2.    Vorrichtung nach Anspruch 1,  
     bei der der genannte Steuerrechner den genannten Fehlerzähler  
10    dekrementiert, wenn wenigstens einige Druckwerte aus der ge-  
     nannten Vielzahl erster und zweiter Druckwerte in den  
     Schwellenbereich des genannten Durchschnittsdruckwertes fal-  
     len.
- 15    3.    Vorrichtung nach Anspruch 2,  
     bei der der genannte Steuerrechner einen Fehlercode protokol-  
     liert, wenn der genannte Fehlerzähler einen im voraus defi-  
     nierten Zählwert überschreitet.
- 20    4.    Vorrichtung nach Anspruch 2,  
     bei der der genannte Steuerrechner einen Algorithmus der  
     Notrückkehr-Kraftstoffversorgung ausführt, wenn der genannte  
     Fehlerzähler einen im voraus definierten Zählwert überschrei-  
     tet.
- 25    5.    Vorrichtung nach Anspruch 1,  
     ferner umfassend  
     -    eine zweite Kraftstoffpumpe, die in Abhängigkeit vom ge-  
     nannten Pumpensollwertsignal unter hohem Druck stehenden  
30    Kraftstoff aus der genannten Niederdruck-Kraftstoffquelle zum  
     genannten Druckspeicher fördert, wobei das genannte Drucksig-  
     nal zusätzliche Spitzenwerte, die Spitzendrücken des von der  
     genannten zweiten Kraftstoffpumpe zu ihm geförderten Kraft-  
     stoffs entsprechen, und zusätzliche niedrigere Talwerte auf-  
35    weist, die Taldrücken des Kraftstoffs im genannten Druckspei-  
     cher entsprechen, welche sich aus dem Abziehen von Kraftstoff  
     daraus ergeben.

5

6. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
bei der der genannte Steuerrechner das genannte Pumpensoll-  
wertsignal und das genannte Ventilsteuersignal erzeugt, wobei  
das genannte Pumpensollwertsignal auf einem Zielspitzendruck-  
10 wert basiert, der einem angestrebten Kraftstoffspitzendruck  
im genannten Druckspeicher entspricht.

7. Verfahren zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage ei-  
ner Verbrennungskraftmaschine, mit den Schritten:
- 15 - Betätigen einer ersten Kraftstoffpumpe zum Fördern von  
Kraftstoff von einer Kraftstoffquelle zu einem Druckspeicher  
auf der Grundlage eines Zielkraftstoffdruckwertes,  
- Messen eines ersten Druckwertes im genannten Druckspei-  
cher nahe eines in ihm bestehenden tatsächlichen Spitzen-  
20 druckwertes, der sich aus der Betätigung der genannten ersten  
Kraftstoffpumpe ergibt,  
- Betätigen eines Steuerventils zum Abziehen unter Druck  
stehenden Kraftstoffs aus dem genannten Druckspeicher als  
Folge der Betätigung der genannten ersten Kraftstoffpumpe,  
25 wobei der genannte Druckspeicher danach einen in ihm beste-  
henden Kraftstofftaldruck definiert,  
- Messen eines zweiten Druckwertes im genannten Druckspei-  
cher nahe dem genannten Kraftstofftaldruck,  
- Bestimmen eines Durchschnittsdruckwertes auf der Grund-  
30 lage einer Vielzahl der genannten ersten und zweiten Druck-  
werte,  
- Vergleichen jedes Druckwertes aus der genannten Vielzahl  
erster und zweiter Druckwerte mit dem genannten Durch-  
schnittsdruckwert, und  
35 - Inkrementieren eines Fehlerzählers, wenn wenigstens ein  
Druckwert von der genannten Vielzahl erster und zweiter

04.09.00  
DE 199 83 014 T1

- 5 Druckwerte außerhalb eines Schwellenbereichs des genannten  
Durchschnittsdruckwertes liegt.
8. Verfahren nach Anspruch 7,  
ferner mit dem Schritt
- 10 - Dekrementieren des genannten Fehlerzählers, wenn wenig-  
stens einige Druckwerte aus der genannten Vielzahl erster und  
zweiter Druckwerte in den genannten Schwellenbereich des ge-  
nannten Durchschnittsdruckwertes fallen.
- 15 9. Verfahren nach Anspruch 8,  
ferner mit dem Schritt
- Protokollieren eines Fehlercodes, wenn der genannte  
Fehlerzähler einen im voraus definierten Zählwert überschrei-  
tet.
- 20
10. Verfahren nach Anspruch 9,  
ferner mit dem Schritt
- Ausführen eines Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoff-  
versorgung, wenn der genannte Fehlerzähler den genannten im  
25 voraus definierten Zählwert überschreitet.
11. Verfahren nach Anspruch 7,  
ferner mit den Schritten
- Betätigen einer zweiten Kraftstoffpumpe zum Fördern von  
30 Kraftstoff zum genannten Druckspeicher auf der Grundlage des  
genannten Zielkraftstoffdruckwertes,
- Messen eines dritten Druckwertes im genannten Druckspei-  
cher nahe eines darin bestehenden tatsächlichen Spitzendruck-  
wertes, der sich aus der Betätigung der genannten zweiten  
35 Kraftstoffpumpe ergibt,
- Betätigen des genannten Steuerventils zum Abziehen unter  
Druck stehenden Kraftstoffs aus dem genannten Druckspeicher,

- 5 der als Folge der Betätigung der genannten zweiten Kraftstoffpumpe zugeführt worden ist, wobei der genannte Druckspeicher danach einen weiteren in ihm bestehenden Talkraftstoffdruck definiert,
- Messen eines vierten Druckwertes im genannten Druckspeicher nahe dem genannten anderen Talkraftstoffdruck,
- 10 - und wobei der genannte Bestimmungsschritt das Bestimmen des genannten Durchschnittsdruckwertes auf der zusätzlichen Grundlage der Vielzahl der genannten dritten und vierten Druckwerte umfaßt,
- 15 - und wobei der Vergleichsschritt zusätzlich das Vergleichen jedes Druckwertes aus der genannten Vielzahl der dritten und vierten Druckwerte mit dem genannten Durchschnittsdruckwert umfaßt,
- und wobei der Inkrementierschritt zusätzlich das Inkrementieren des genannten Fehlerzählers umfaßt, wenn wenigstens
- 20 ein Druckwert von den genannten dritten und vierten Druckwerten außerhalb des genannten Schwellenbereichs des genannten Durchschnittsdruckwertes liegt.
- 25 12. Verfahren nach Anspruch 11, ferner mit dem Schritt
- Dekrementieren des genannten Fehlerzählers, wenn wenigstens einige Druckwerte von der genannten Vielzahl erster, zweiter, dritter und vierter Druckwerte in den genannten
- 30 Schwellenbereich des genannten Durchschnittsdruckwertes fallen.
13. Verfahren nach Anspruch 12, ferner mit dem Schritt
- 35 - Protokollieren eines Fehlercodes, wenn der genannte Fehlerzähler einen im voraus definierten Zählwert überschreitet.

5

14. Verfahren nach Anspruch 13,  
ferner mit dem Schritt

- Ausführen eines Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoff-  
versorgung, wenn der genannte Fehlerzähler den genannten im  
10 voraus definierten Zählwert überschreitet.

15. Vorrichtung zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage  
einer Verbrennungskraftmaschine, mit

- einer ersten Kraftstoffpumpe, die in Abhängigkeit von  
15 ersten Pumpensollwertsignalen unter hohem Druck stehenden  
Kraftstoff von einer Niederdruck-Kraftstoffquelle fördert,  
- einem den genannten unter hohem Druck stehenden Kraft-  
stoff von der genannten ersten Kraftstoffpumpe empfangenden  
Druckspeicher,  
20 - einer Einrichtung zum Erfassen des Kraftstoffdrucks im  
genannten Druckspeicher und zum Erzeugen eines dementspre-  
chenden Drucksignals, und  
- einem Steuerrechner, der das genannte Drucksignal emp-  
fängt und die genannten ersten Pumpensteuersignale erzeugt,  
25 wobei der Steuerrechner eine Vielzahl erster Pumpensollwert-  
signale erzeugt, die einer Kraftstoffversorgung nach Sollwert  
null entsprechen, und erste entsprechende Änderungen im ge-  
nannten Drucksignal überwacht, wobei der Steuerrechner einen  
Fehlerzähler inkrementiert, wenn wenigstens eine Änderung von  
30 den genannten ersten entsprechenden Änderungen des genannten  
Drucksignals einen im voraus definierten Druckänderungs-  
schwellenwert überschreitet.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15,

- 35 bei der der genannte Steuerrechner den genannten Fehlerzähler  
dekrementiert, wenn wenigstens einige Änderungen von den ge-  
nannten ersten entsprechenden Änderungen des genannten Druck-

- 5 signals kleiner als der genannte im voraus definierte Druck-  
änderungsschwellenwert sind.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16,  
bei der der genannte Steuerrechner einen Fehlercode protokol-  
10 liert, wenn der genannte Fehlerzähler einen im voraus defi-  
nierten Zählwert überschreitet.
18. Vorrichtung nach Anspruch 16,  
bei der der genannte Steuerrechner einen Algorithmus der Not-  
15 rückkehr-Kraftstoffversorgung ausführt, wenn der genannte  
Fehlerzähler einen im voraus definierten Zählwert überschrei-  
tet.
19. Vorrichtung nach Anspruch 15,  
20 ferner mit
- einer zweiten Kraftstoffpumpe, die in Abhängigkeit von  
zweiten Pumpensollwertsignalen unter hohem Druck stehenden  
Kraftstoff von der genannten Niederdruck-Kraftstoffquelle zum  
genannten Druckspeicher fördert,
  - 25 - und wobei der genannte Steuerrechner eine Vielzahl zwei-  
ter Pumpensollwertsignale erzeugt, die einer Kraftstoffver-  
sorgung nach Sollwert null entsprechen, und zweite entspre-  
chende Änderungen des genannten Drucksignals überwacht, wobei  
der genannte Steuerrechner den genannten Fehlerzähler inkre-  
30 mentiert, wenn wenigstens eine Änderung der genannten zweiten  
entsprechenden Änderungen des genannten Drucksignals den ge-  
nannten im voraus definierten Druckänderungsschwellenwert  
überschreitet.
- 35 20. Vorrichtung nach Anspruch 19,  
bei der der genannte Steuerrechner den genannten Fehlerzähler  
dekrementiert, wenn wenigstens einige Änderungen der genann-

5    ten zweiten entsprechenden Änderungen des genannten Drucksig-  
     nals kleiner als der genannte im voraus definierte Druckän-  
     derungsschwellenwert sind.

21.    Vorrichtung nach Anspruch 20,  
10    bei der der genannte Steuerrechner einen Fehlercode protokol-  
     liert, wenn der genannte Fehlerzähler einen im voraus defi-  
     nierten Zählwert überschreitet.

22.    Vorrichtung nach Anspruch 21,  
15    bei der der genannte Steuerrechner einen Algorithmus der Not-  
     rückkehr-Kraftstoffversorgung ausführt, wenn der genannte  
     Fehlerzähler einen im voraus definierten Zählwert überschrei-  
     tet.

20    23.    Vorrichtung nach Anspruch 19,  
     ferner mit  
     -    einem ersten Pumpensteuerventil, das in Abhängigkeit von  
     den genannten ersten Pumpensollwertsignalen erste Kraftstoff-  
25    mengen nach Sollwert zur genannten ersten Pumpe fördert, und  
     -    einem zweiten Pumpensteuerventil, das in Abhängigkeit  
     von den genannten zweiten Pumpensollwertsignalen zweite  
     Kraftstoffmengen nach Sollwert zur genannten zweiten Pumpe  
     fördert,  
30    -    und wobei der genannte Steuerrechner die genannte Viel-  
     zahl erster und zweiter Pumpensollwertsignale, die Kraft-  
     stoffmengen nach Sollwert null entsprechen, bereitstellt und  
     entsprechende Änderungen des genannten Drucksignals über-  
     wacht.

35    24.    Verfahren zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage ei-  
     ner Verbrennungskraftmaschine, mit den Schritten:



- 5 - Betätigen einer ersten Kraftstoffpumpe zum Fördern von Kraftstoff nach Sollwert null von einer Kraftstoffquelle zu einem Druckspeicher,
- Messen einer ersten entsprechenden Änderung des Drucks im genannten Druckspeicher, die sich aus der Betätigung der
- 10 genannten ersten Kraftstoffpumpe mit Kraftstoff nach Sollwert null ergibt,
- mehrmaliges Wiederholen der genannten Betätigungs- und Meßschritte,
- Vergleichen jeder Druckänderung von der genannten Viel-
- 15 zahl erster entsprechender Druckänderungen mit einem Druckänderungsschwellenwert, und
- Inkrementieren eines Fehlerzählers, wenn wenigstens eine Druckänderung von der genannten Vielzahl erster entsprechen-
- der Druckänderungen einen Druckänderungsschwellenwert über-
- 20 schreitet.

25. Verfahren nach Anspruch 24,  
ferner mit dem Schritt

- Dekrementieren des genannten Fehlerzählers, wenn wenig-
- 25 stens einige Druckänderungen von der genannten Vielzahl erster entsprechender Druckänderungen kleiner als der genannte Druckänderungsschwellenwert sind.

26. Verfahren nach Anspruch 25,  
30 ferner mit dem Schritt

- Protokollieren eines Fehlercodes, wenn der genannte Fehlerzähler einen im voraus definierten Zählwert überschreitet.

35 27. Verfahren nach Anspruch 26,  
ferner mit dem Schritt

- 5 - Ausführen eines Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung, wenn der genannte Fehlerzähler den genannten im voraus definierten Zählwert überschreitet.

28. Verfahren nach Anspruch 24,

10 ferner mit den Schritten:

- Betätigen einer zweiten Kraftstoffpumpe zum Fördern von Kraftstoff nach Sollwert null von der genannten Kraftstoffquelle zum genannten Druckspeicher,
- Messen einer zweiten entsprechenden Änderung des Drucks  
15 im genannten Druckspeicher, die sich aus der Betätigung der genannten zweiten Kraftstoffpumpe mit Kraftstoff nach Sollwert null ergibt,
- mehrmaliges Wiederholen der Schritte Betätigung einer zweiten Kraftstoffpumpe und Messen einer zweiten entsprechenden Änderung,  
20
- Vergleichen jeder Druckänderung von der genannten Vielzahl zweiter entsprechender Druckänderungen mit dem genannten Druckänderungsschwellenwert, und
- Inkrementieren des genannten Fehlerzählers, wenn wenigstens eine Druckänderung von der genannten Vielzahl zweiter  
25 entsprechender Druckänderungen den genannten Druckänderungsschwellenwert überschreitet.

29. Verfahren nach Anspruch 28,

30 ferner mit dem Schritt

- Dekrementieren des genannten Fehlerzählers, wenn wenigstens einige Druckänderungen von der genannten Vielzahl zweiter entsprechender Druckänderungen kleiner als der genannte Druckänderungsschwellenwert sind.

35

30. Verfahren nach Anspruch 29,

ferner mit dem Schritt

- 5 - Protokollieren eines Fehlercodes, wenn der genannte Fehlerzähler einen im voraus definierten Zählwert überschreitet.
31. Verfahren nach Anspruch 30,
- 10 ferner mit dem Schritt
- Ausführen eines Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung, wenn der genannte Fehlerzähler den genannten im voraus definierten Zählwert überschreitet.
- 15 32. Vorrichtung zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine, mit
- einer ersten Kraftstoffpumpe, die in Abhängigkeit von ersten Pumpensollwertsignalen unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von einer Niederdruck-Kraftstoffquelle fördert,
- 20 - einer zweiten Kraftstoffpumpe, die in Abhängigkeit von zweiten Pumpensollwertsignalen unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von der genannten Niederdruck-Kraftstoffquelle fördert,
- einem den genannten unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von den genannten ersten und zweiten Kraftstoffpumpen empfangenden Druckspeicher,
- 25 - einer Einrichtung zum Erfassen des Kraftstoffdrucks im genannten Druckspeicher und zum Erzeugen eines dementsprechenden Drucksignals, und
- 30 - einem Steuerrechner, der eine Vielzahl der genannten ersten und zweiten Pumpensollwertsignale erzeugt und erste und zweite entsprechende Änderungen im genannten Drucksignal überwacht, wobei der genannte Steuerrechner ausgehend von zugehörigen Änderungen von der genannten Vielzahl erster und
- 35 zweiter entsprechender Drucksignaländerungen erste und zweite Durchschnittsdruckänderungswerte bestimmt, wobei der genannte Steuerrechner einen Fehlerzähler inkrementiert, wenn eine

- 5 Differenz zwischen den genannten ersten und zweiten Durchschnittsdruckänderungswerten größer als ein erster Druckänderungsgrenzwert oder kleiner als ein zweiter Druckänderungsgrenzwert ist.
- 10 33. Vorrichtung nach Anspruch 32,  
bei der der genannte Steuerrechner den genannten Fehlerzähler dekrementiert, wenn die genannte Differenz zwischen den genannten ersten und zweiten Durchschnittsdruckänderungswerten von Differenzen, die kleiner als der genannte erste Druckänderungsgrenzwert bzw. größer als der genannte zweite Druckänderungsgrenzwert sind, eine ist.
- 15 34. Vorrichtung nach Anspruch 33,  
bei der der genannte Steuerrechner einen Fehler protokolliert, wenn der genannte Fehlerzähler einen im voraus definierten Zählwert überschreitet.
- 20 35. Vorrichtung nach Anspruch 33,  
bei der der genannte Steuerrechner einen Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung ausführt, wenn der genannte Fehlerzähler einen im voraus definierten Zählwert überschreitet.
- 25 36. Vorrichtung nach Anspruch 36,  
bei der der genannte Steuerrechner ausgehend von der genannten Vielzahl erster und zweiter entsprechender Änderungen des genannten Drucksignals einen dritten Durchschnittsdruckänderungswert bestimmt, wobei die genannten ersten und zweiten Druckänderungsgrenzwerte je von dem genannten dritten Durchschnittsdruckänderungswert und von einem Schwellenwert abhängen.
- 30 35

04.09.99  
DE 199 83 014 T1

- 5 37. Verfahren zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine, mit den Schritten:
- Betätigen einer ersten Kraftstoffpumpe zum Fördern von Kraftstoff zu einem Druckspeicher auf der Grundlage eines Zielkraftstoffdruckwertes,
  - 10 - Betätigen einer zweiten Kraftstoffpumpe zum Fördern von Kraftstoff zum genannten Druckspeicher auf der Grundlage des genannten Zielkraftstoffdruckwertes,
  - Bestimmen eines ersten Druckänderungswertes, der einer Kraftstoffdruckänderung im genannten Druckspeicher entspricht, die sich aus der Betätigung der genannten ersten
  - 15 Pumpe ergibt,
  - Bestimmen eines zweiten Druckänderungswertes, der einer Kraftstoffdruckänderung im genannten Druckspeicher entspricht, die sich aus der Betätigung der genannten zweiten
  - 20 Pumpe ergibt,
  - mehrmaliges Wiederholen der Betätigungs- und Bestimmungsschritte,
  - Berechnen eines ersten Durchschnittsdruckänderungswertes als Mittel der genannten Vielzahl erster Druckänderungswerte,
  - 25 - Berechnen eines zweiten Durchschnittsdruckänderungswertes als Mittel der genannten Vielzahl zweiter Druckänderungswerte, und
  - Inkrementieren eines Fehlerzählers, wenn eine Differenz zwischen den genannten ersten und zweiten Durchschnitts-
  - 30 druckänderungswerten größer als ein erster Druckänderungsgrenzwert oder kleiner als ein zweiter Druckänderungsgrenzwert ist.
38. Verfahren nach Anspruch 37,
- 35 ferner mit dem Schritt
- Dekrementieren des genannten Fehlerzählers, wenn eine Differenz zwischen den genannten ersten und zweiten Durch-

- 5 schnittsdruckänderungswerten kleiner als der genannte erste  
Druckänderungsgrenzwert oder größer als der genannte zweite  
Druckänderungsgrenzwert ist.
39. Verfahren nach Anspruch 38,
- 10 ferner mit dem Schritt
- Protokollieren eines Fehlercodes, wenn der genannte Fehlerzähler einen im voraus definierten Zählwert überschreitet.
- 15 40. Verfahren nach Anspruch 38,
- ferner mit dem Schritt
- Ausführen eines Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung, wenn der genannten Fehlerzähler den genannten im voraus definierten Zählwert überschreitet.
- 20
41. Verfahren nach Anspruch 37,
- ferner mit dem Schritt
- Berechnen eines dritten Durchschnittsdruckänderungswertes als Mittel der genannten Vielzahl erster Druckänderungswerte und der genannten Vielzahl zweiter Druckänderungswerte,
- 25
- und wobei die genannten ersten und zweiten Druckänderungsgrenzwerte je vom genannten dritten Durchschnittsdruckänderungswert und von einem Schwellenwert abhängen.
- 30 42. Vorrichtung zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine, mit
- einer Kraftstoffpumpe, die in Abhängigkeit von einem Pumpensollwertsignal unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von einer Niederdruck-Kraftstoffquelle fördert,
- 35
- einem den genannten unter hohem Druck stehenden Kraftstoff von der genannten Kraftstoffpumpe empfangenden Druckspeicher,

04.09.00  
DE 199 83 014 T1

- 5 - einer Einrichtung zum Erzeugen eines Kraftstoffbe-  
darfssignals,  
- einer Einrichtung zum Erfassen des Kraftstoffdrucks im  
genannten Druckspeicher und zum Erzeugen eines dementspre-  
chenden Drucksignals,
- 10 - einer Einrichtung zum Erfassen der Motordrehzahl und zum  
Erzeugen eines dementsprechenden Motordrehzahlsignals, und  
- einem Steuerrechner, der die genannten Druck-, Motor-  
drehzahl- und Kraftstoffbedarfssignale empfängt und das ge-  
nannte Pumpensollwertsignal erzeugt, wobei der genannte Steu-  
15 errechner ausgehend von den genannten Motordrehzahl- und  
Kraftstoffbedarfssignalen einen Kraftstoffsollwert bestimmt,  
ausgehend von üblichen Werten des genannten Drucksignals, des  
genannten Motordrehzahlsignals und des genannten Kraftstoff-  
sollwertes einen vorausgesagten Pumpensollwert bestimmt, ei-  
20 nen Fehlercode protokolliert, wenn eine Differenz zwischen  
einem üblichen Wert des genannten Pumpensollwertsignals und  
dem genannten vorausgesagten Pumpensollwert größer ist als  
ein Schwellenniveau.
- 25 43. Vorrichtung nach Anspruch 42,  
bei der der genannte Steuerrechner einen Algorithmus der  
Notrückkehr-Kraftstoffversorgung ausführt, wenn die genannte  
Differenz zwischen dem genannten üblichen Wert des genannten  
Pumpensollwertsignals und dem genannten vorausgesagten Pum-  
30 pensollwert größer als das genannte Schwellenniveau ist.
44. Vorrichtung nach Anspruch 42,  
bei der der genannte Steuerrechner eine Vielzahl Nachschlag-  
tabellen je für einen verschiedenen Motordrehzahlbereich auf-  
35 weist, wobei jede Tabelle von der genannten Vielzahl Nach-  
schlagtabellen eine Vielzahl vorausgesagter Pumpensollwerte

- 5 enthält, die je von einem Bereich Drucksignalwerte und einem Bereich Kraftstoffsollwerte abhängen,  
- und wobei der genannte Steuerrechner den genannten vorausgesagten Pumpensollwert aus einer Tabelle von der genannten Vielzahl Nachschlagtabellen im genannten Steuerrechner  
10 bestimmt.

45. Verfahren zum Diagnostizieren einer Kraftstoffanlage einer Verbrennungskraftmaschine, mit den Schritten:
- Erfassen eines Kraftstoffbedarfssignals,
  - 15 - Erfassen eines Motordrehzahlsignals,
  - Erfassen eines Drucksignals, das Kraftstoffdruck in einem Teil einer Kraftstoffanlage bildenden Druckspeicher anzeigt,
  - Bestimmen eines Kraftstoffsollwertes ausgehend von den  
20 genannten Kraftstoffbedarfs- und Motordrehzahlsignalen,
  - Bestimmen eines Kraftstoffpumpensollwertes ausgehend von den genannten Kraftstoffbedarfs- und Drucksignalen, wobei der genannte Pumpensollwert eine Kraftstoffpumpe zum Fördern von Kraftstoff zum genannten Druckspeicher betätigt,
  - 25 - Bestimmen eines vorausgesagten Kraftstoffpumpensollwertes ausgehend von üblichen Werten des genannten Motordrehzahlsignals, des genannten Drucksignals und des genannten Kraftstoffsollwertes, und
  - Protokollieren eines Fehlercodes, wenn eine Differenz  
30 zwischen einem üblichen Wert des genannten Pumpensollwertes und dem genannten vorausgesagten Pumpensollwert größer als ein Schwellenwert ist.

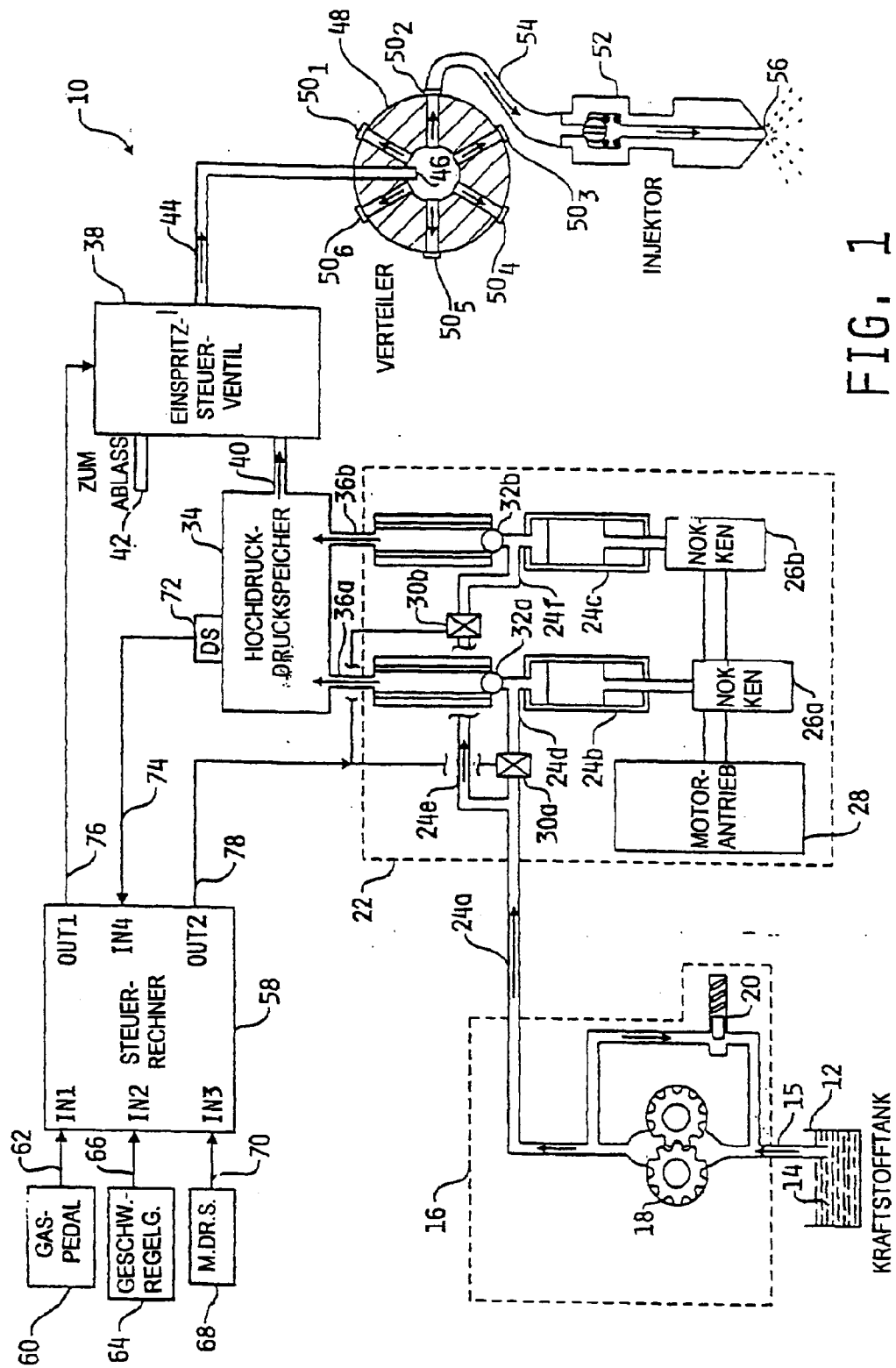
46. Verfahren nach Anspruch 45,  
35 ferner mit dem Schritt
- Ausführen eines Algorithmus der Notrückkehr-Kraftstoffversorgung, wenn die genannte Differenz zwischen einem übli-



5 chen Wert des genannten Pumpensollwertes und dem genannten vorausgesagten Pumpensollwert größer ist als der genannte Schwellenwert.

47. Verfahren nach Anspruch 45,

- 10 bei dem der genannten Schritt des Bestimmens eines vorausgesagten Kraftstoffpumpensollwertes das Entnehmen des genannten vorausgesagten Kraftstoffpumpensollwertes aus einer Tabelle von einer Vielzahl Nachschlagtabellen, die je von einem verschiedenen Motordrehzahlbereich ausgehen, umfaßt, wobei jede
- 15 Tabelle von der genannten Vielzahl Nachschlagtabellen eine Vielzahl vorausgesagter Kraftstoffpumpensollwerte als Funktionen eines Bereiches Drucksignalwerte und eines Bereiches Kraftstoffsollwerte aufweist.



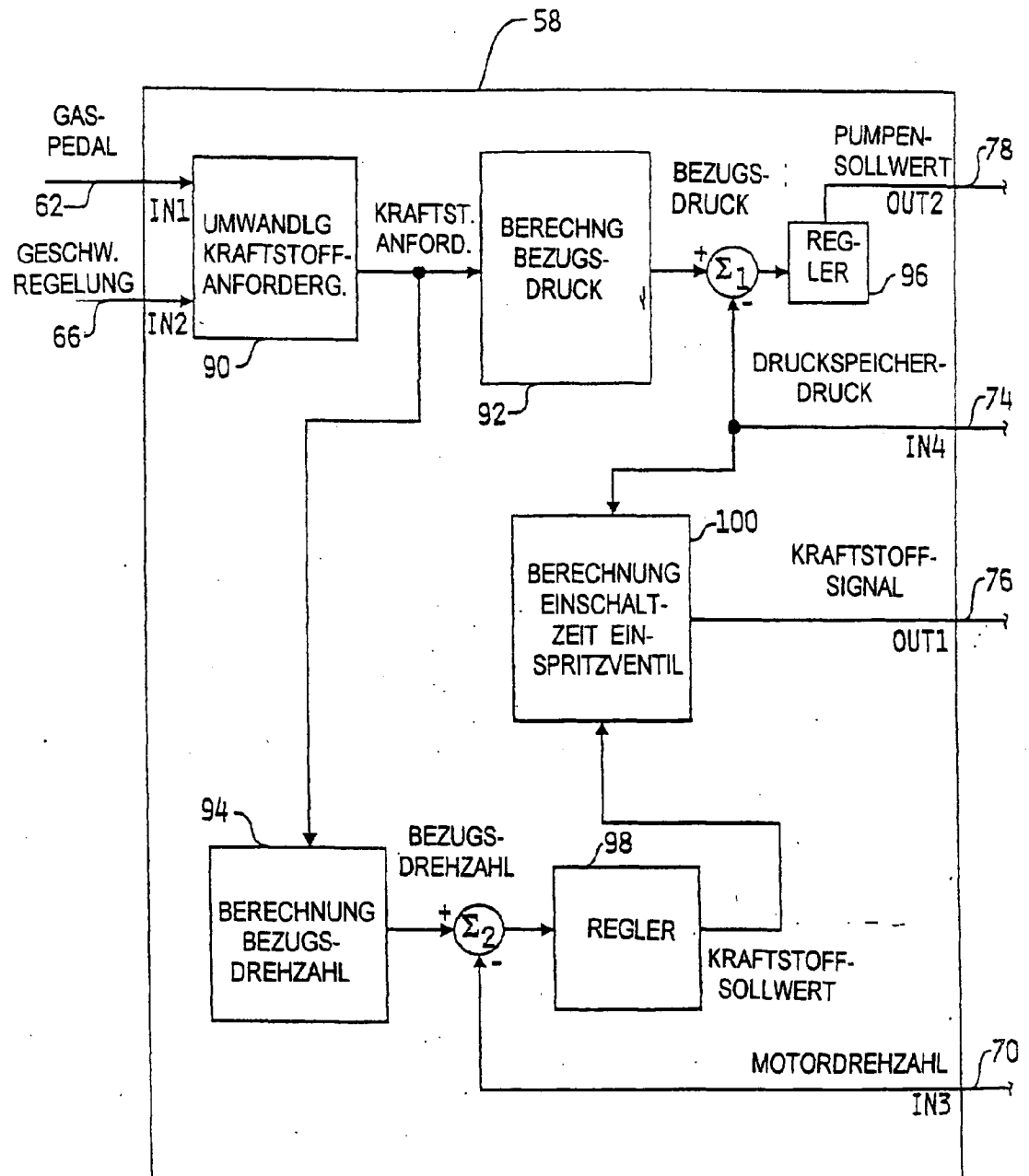
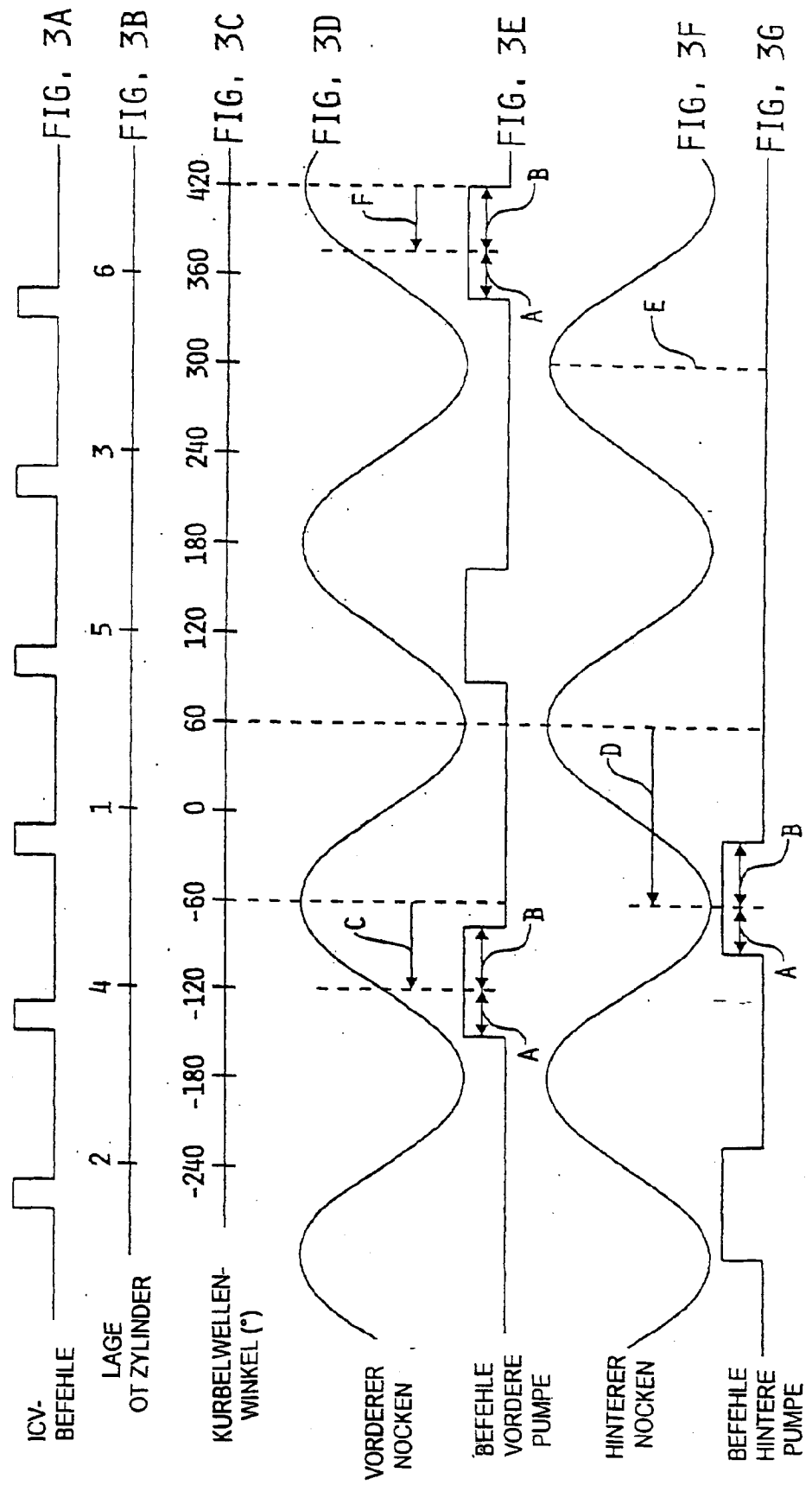


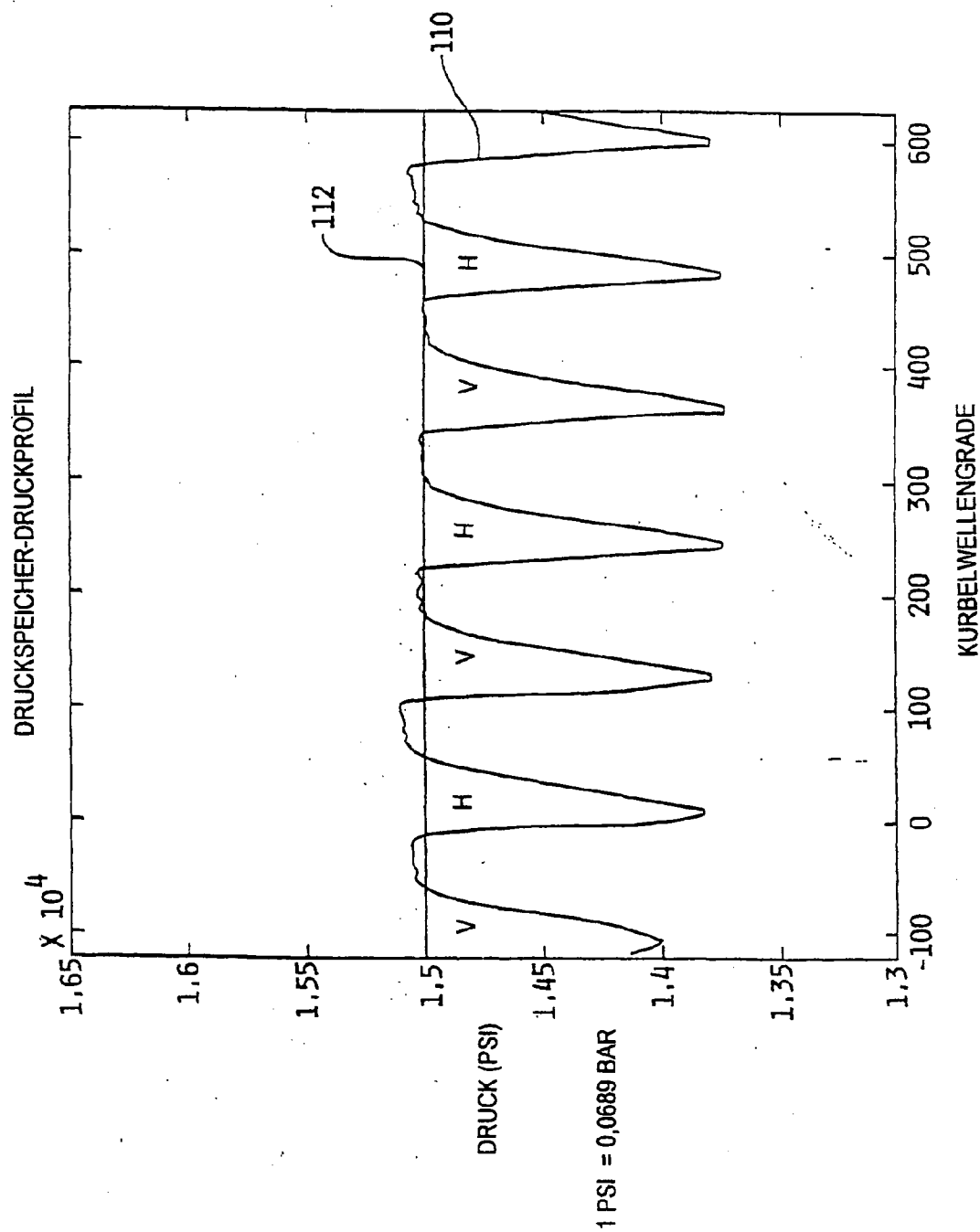
FIG. 2

# NORMALE PUMPEINSPRITZEREIGNISSE



09.09.00  
DE 199 83 014 T1

FIG. 4



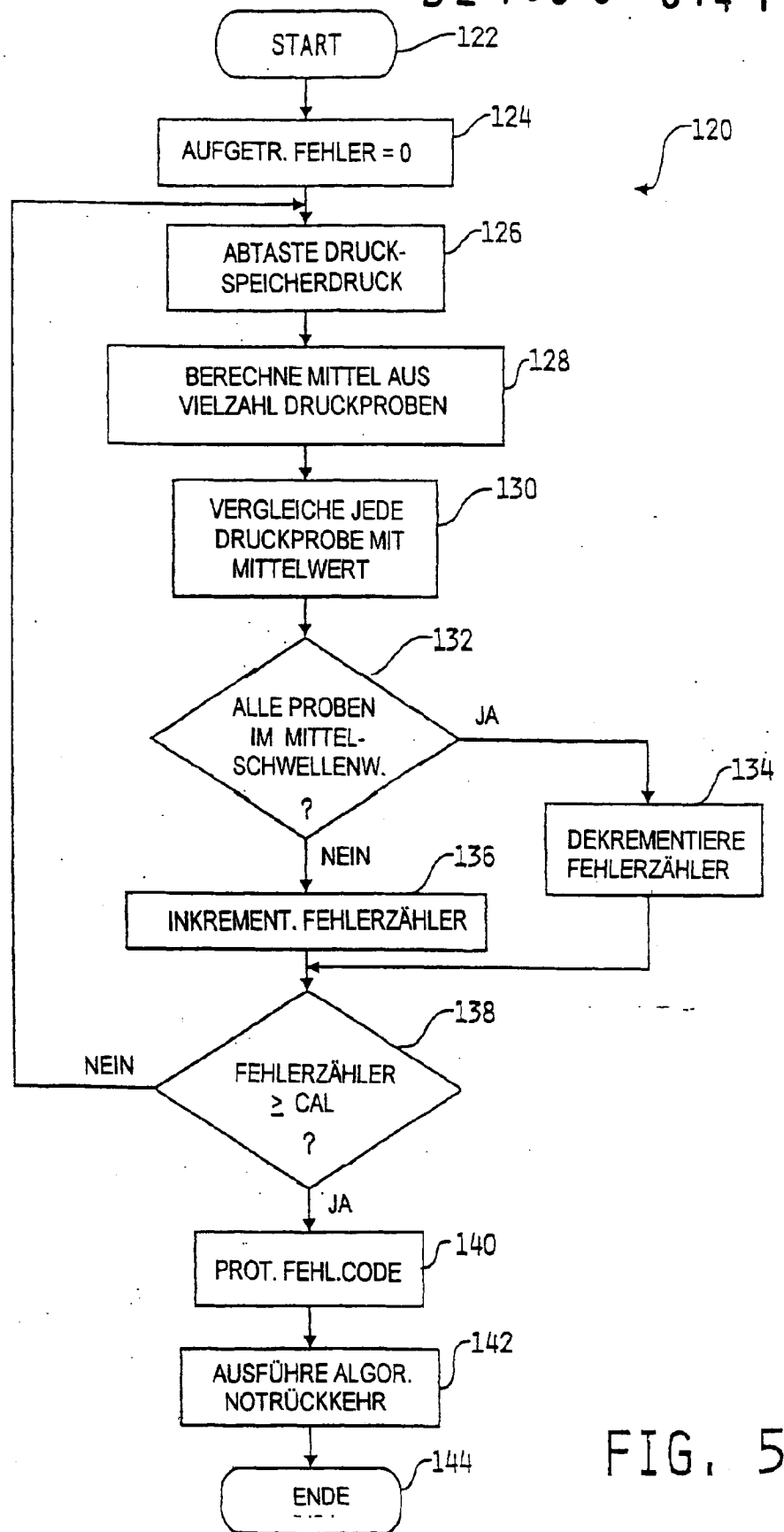


FIG. 5

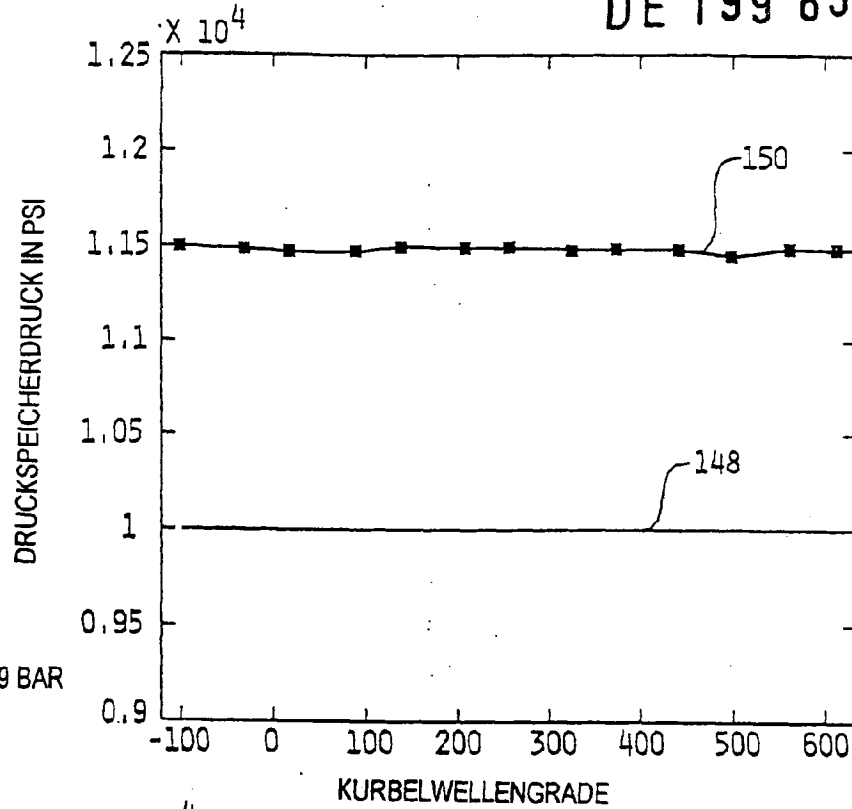
04.09.00  
DE 199 83 014 T1

FIG. 6

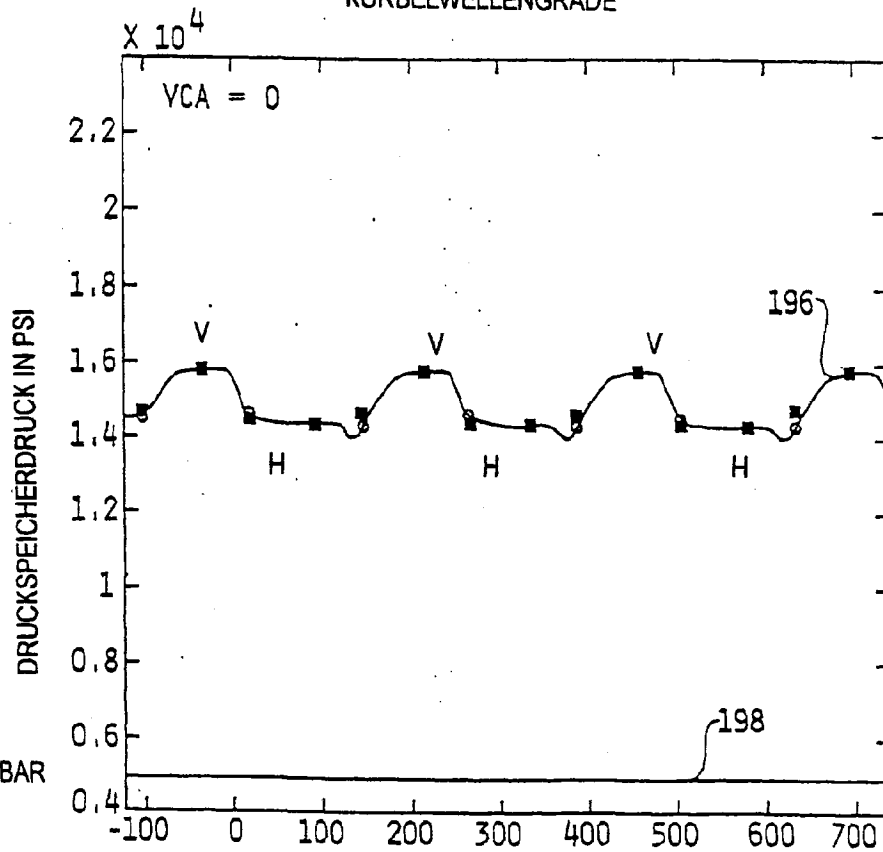
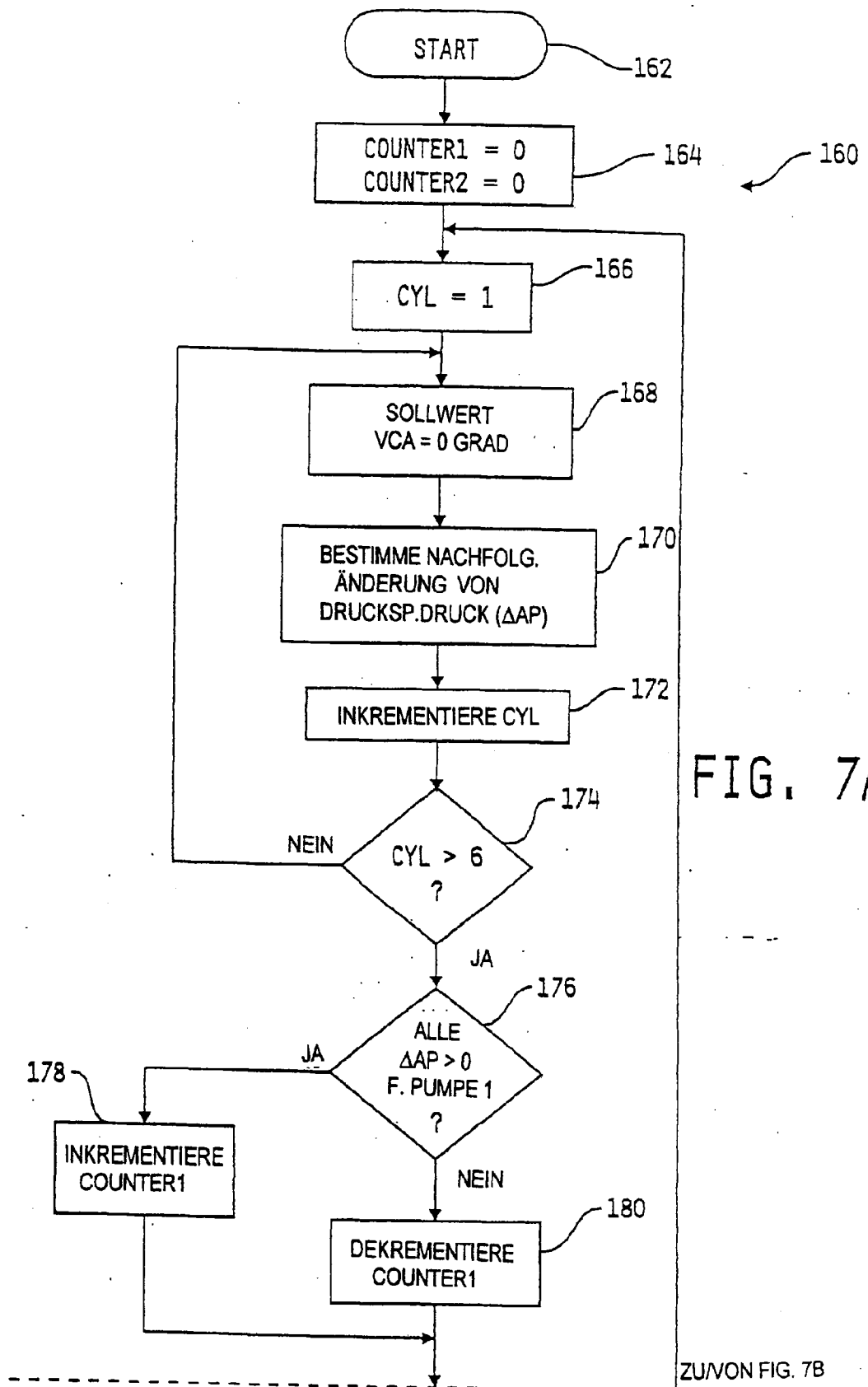


FIG. 8





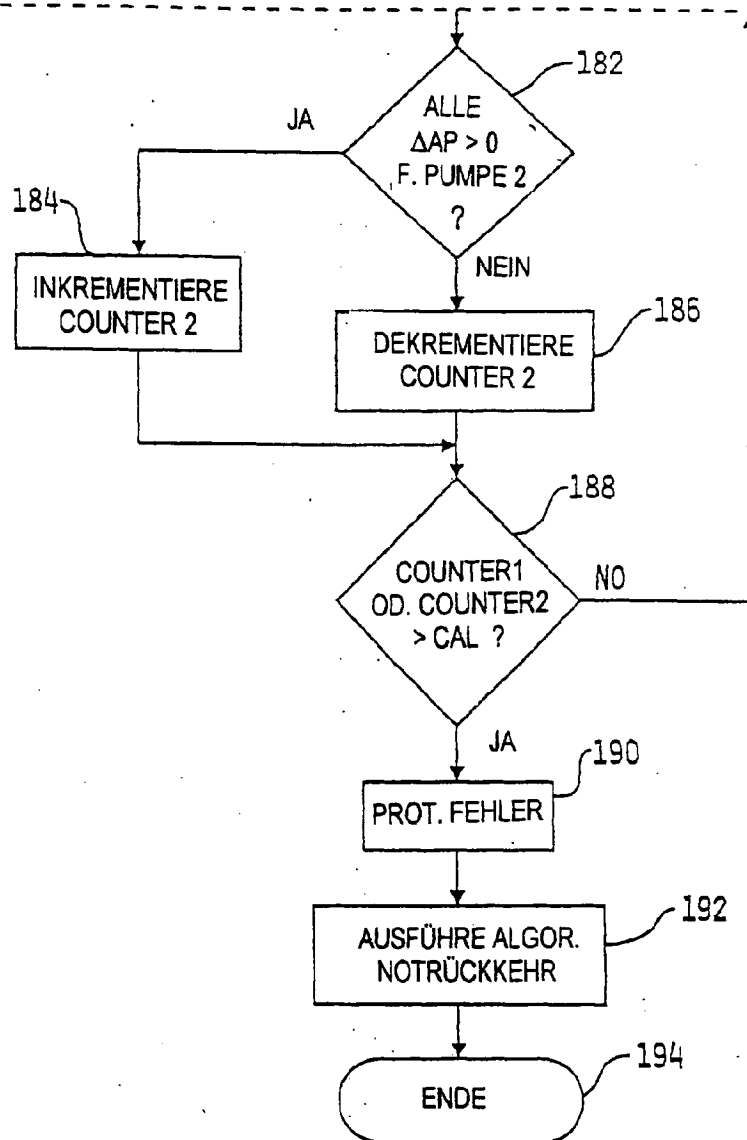


FIG. 7B

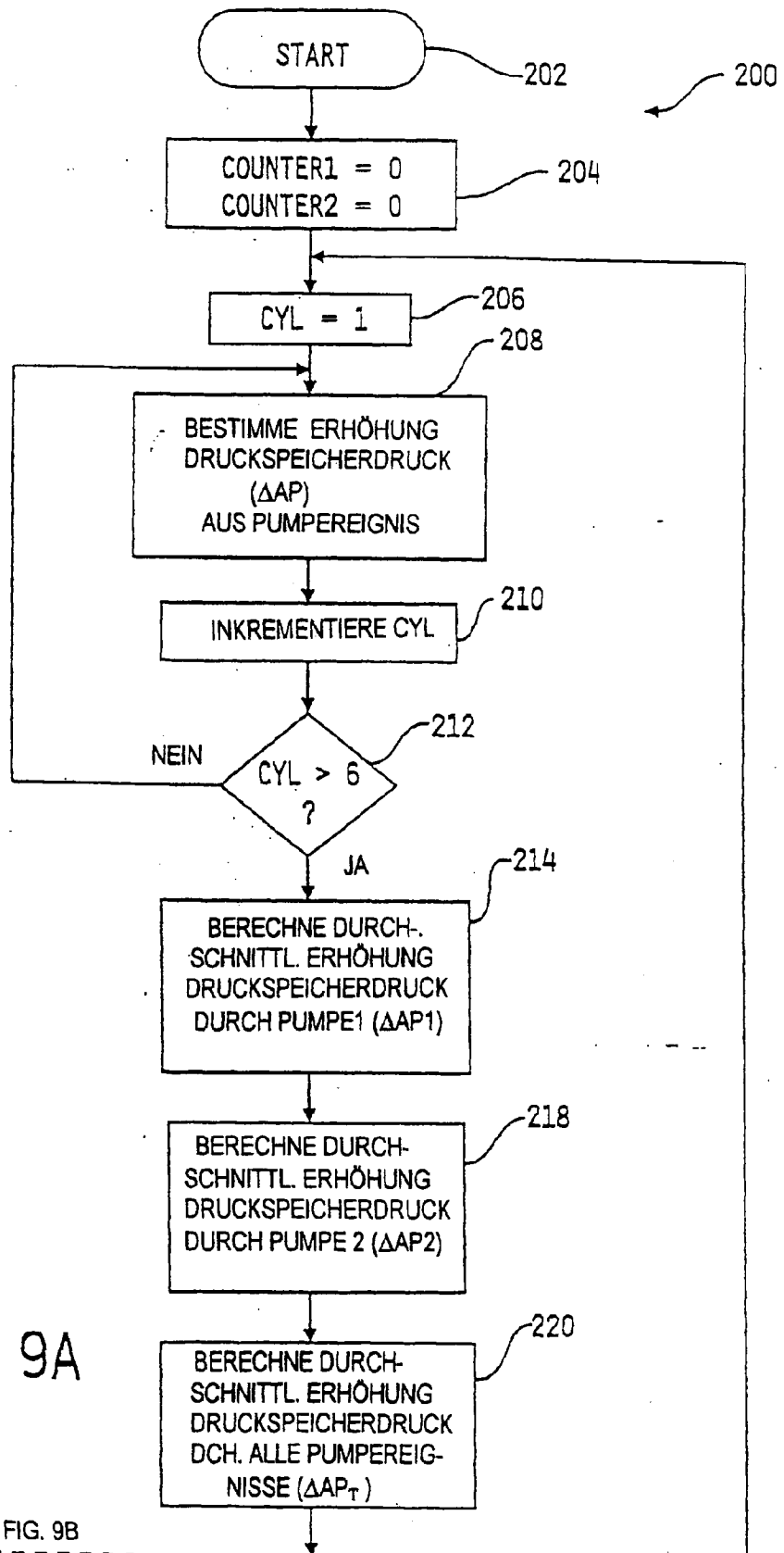


FIG. 9A

ZU/VON FIG. 9B

ZU VON FIG. 9A

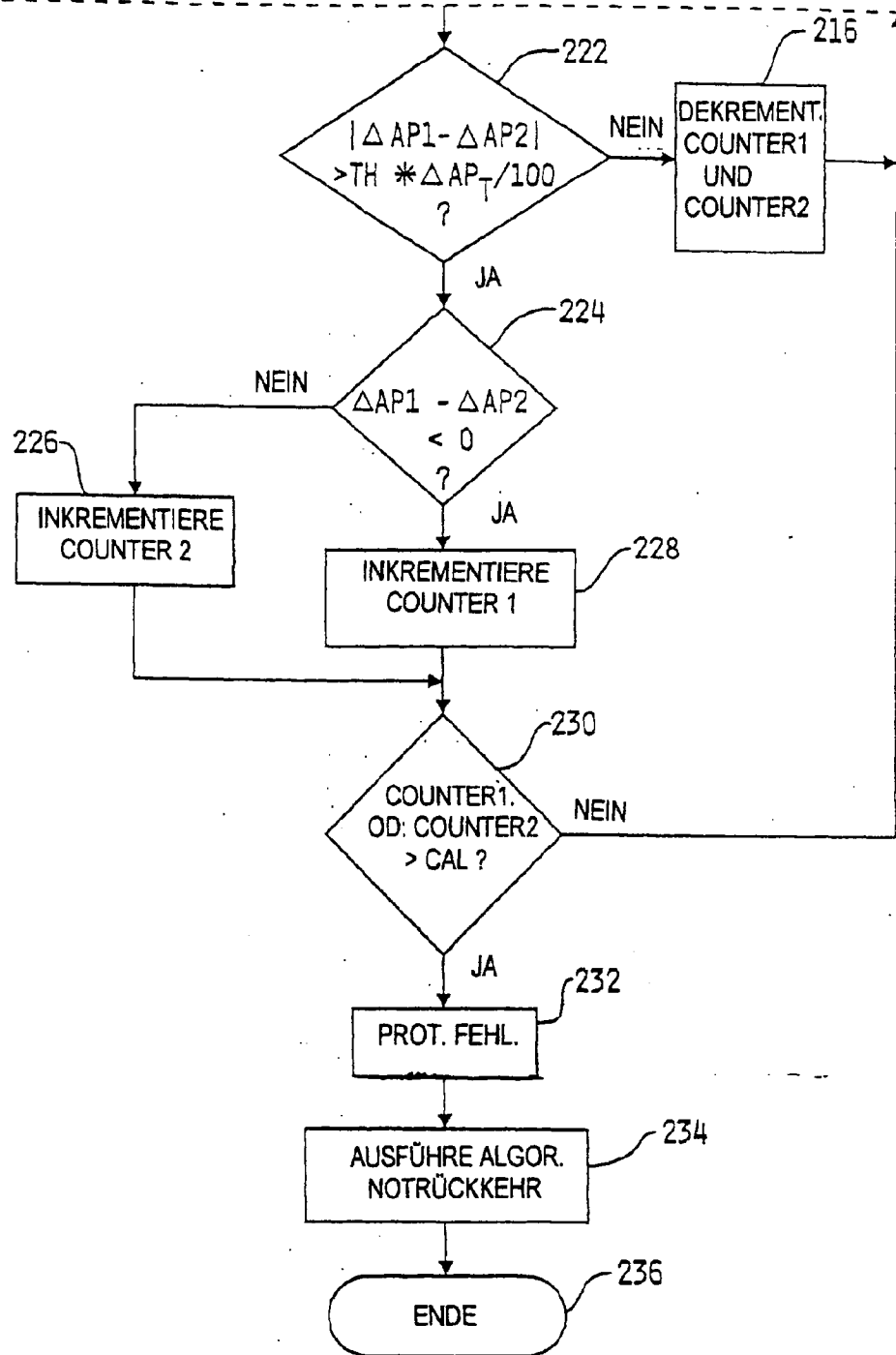
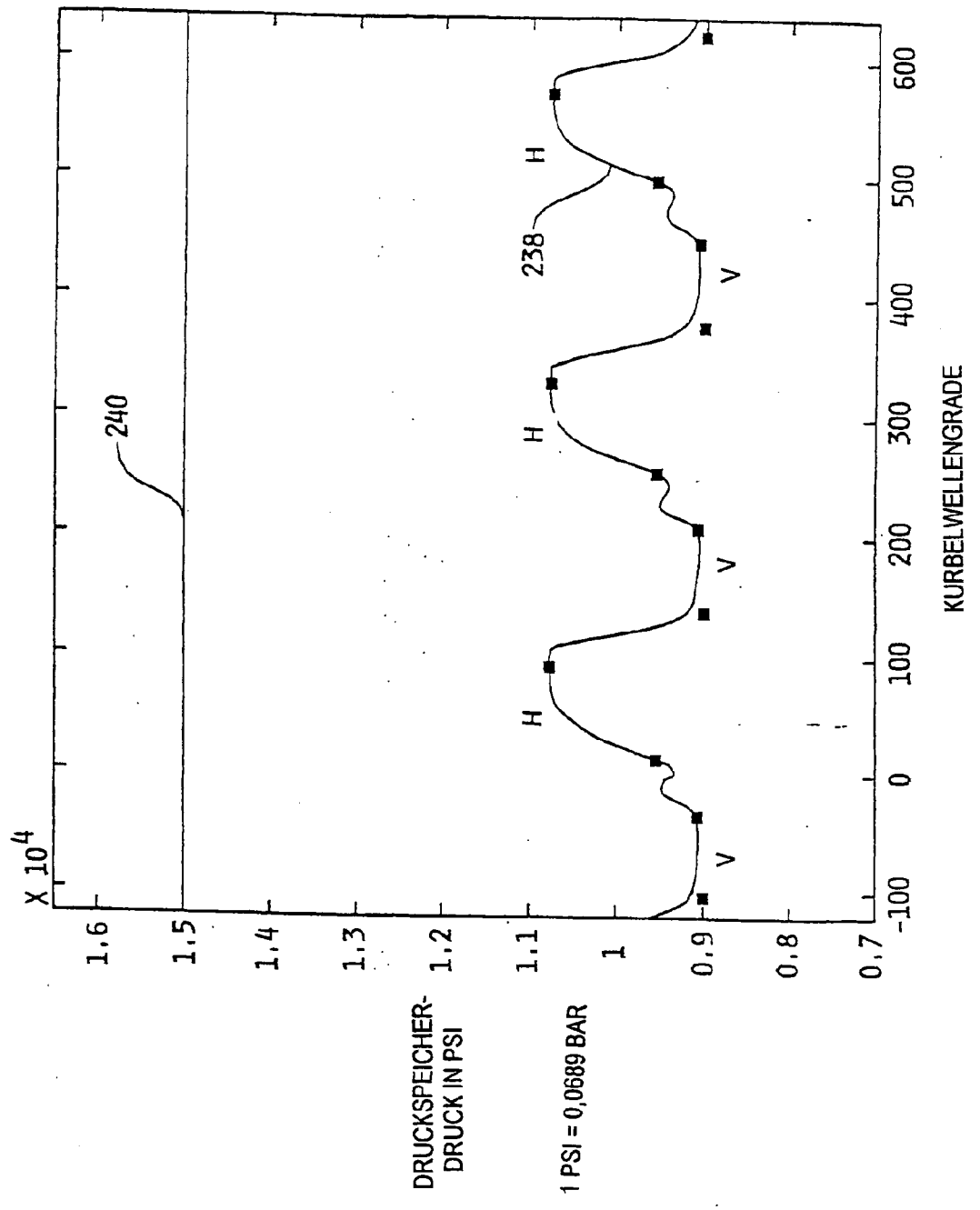


FIG. 9B

FIG. 10



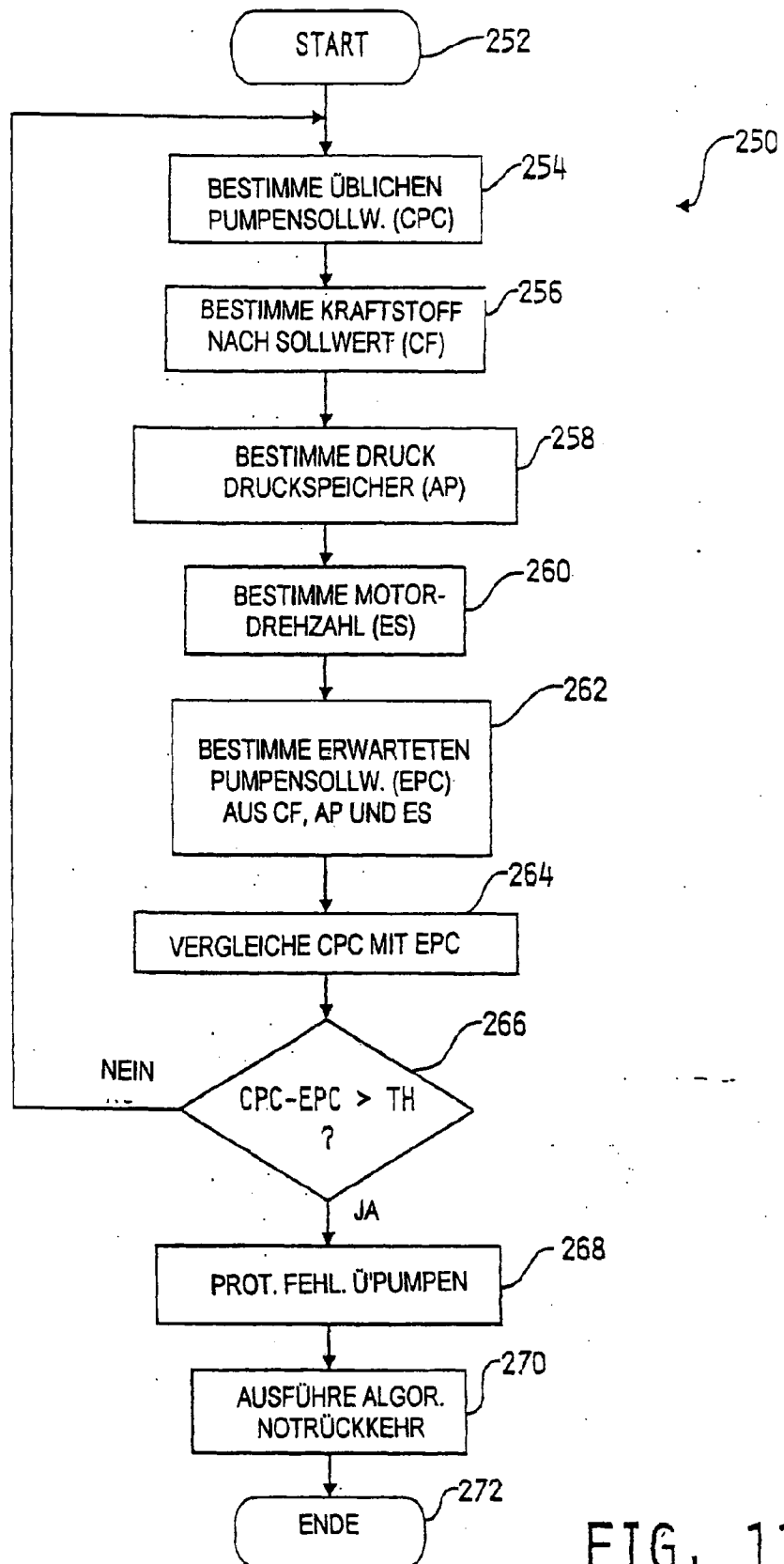


FIG. 11

ERWARTETE PUMPENSOLLWERTE  
FÜR EINEN MOTORDREHZAHLBEREICH ( $ES_1 < ES < ES_2$ )

AP	5000	6000	9000	12000	15000	18000
FC						
-0.5	25	25	27	30	33	36
0	30	33	35	36	42	45
0.5	31	33	38	43	53	60
1	36	37	45	54	65	75
1.5	37	41	50	61	76	90
2	38	43	54	67	86	105
2.5	39	44	55	68	99	120
3	42	46	57	72	113	120

FIG. 12